

WASSERBILANZ UND PFLANZENPRODUKTION IN CHINA

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

He Qingtang
Forstliche Universität, Peking, V.R. China

München 1986

WASSERBILANZ UND PFLANZENPRODUKTION IN CHINA

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

He Qingtang
Forstliche Universität, Peking, V.R. China

München 1986

1. Gutachter : em. Prof. Dr. Dr. h. c. A. Baumgartner
2. Gutachter : Prof. Dr. P. Burschel

Tag der mündlichen Prüfung : 28. Juli 1986

INHALT	Seite
INHALT	I
VORWORT	III
ZUSAMMENFASSUNG	IV
1. EINLEITUNG	1
2. GLIEDERUNG DER V.R. CHINA UND PROBLEMATIK	3
3. WASSERHAUSHALT IN CHINA	6
3.1 Die Wasserbilanz	6
3.2 Niederschlag	8
3.3 Verdunstung	8
3.3.1 Potentielle Verdunstung	10
3.3.2 Wirkliche Verdunstung	11
3.4 Bewässerung	16
3.5 Trockenheitsindex	19
3.6 Abfluß	23
4. POTENTIELLE PFLANZENPRODUKTION	25
4.1 Anwendung des "Miami-Modells"	31
4.2 Anwendung des "Thorntwaite-Memorial-Modells"	33
5. KLASSIFIKATION DER V.R. CHINA NACH DER PFLANZEN- STOFFPRODUKTION	40
5.1 Landesgliederung nach allgemeiner Produktion	40
5.2 Getreideproduktion	42
5.3 Holzproduktion	43
5.4 Produktivität der Verdunstung	43
5.5 Nutzeffekt der Globalstrahlung	44

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

51

7. LITERATURVERZEICHNIS

52

8. VERZEICHNISSE

54

8.1 Abbildungen

54

8.2 Tabellen

56

8.3 Symbole im Text

57

9. TABELLENANHANG

59

VORWORT

Diese Arbeit entstand in den Jahren 1982 bis 1983 während meines Aufenthaltes am Lehrstuhl für Bioklimatologie und Angewandte Meteorologie in der Forstlichen Fakultät der Universität München, unter der Leitung von Prof. Dr. Albert Baumgartner.

Ich danke meinem verehrten akademischen Lehrer, Prof. Dr. A. Baumgartner, für die Möglichkeit, an seinem Lehrstuhl arbeiten zu können. Er hat das Thema angeregt, das für mein Land von großem Interesse ist, und die Untersuchung mit ständigem Rat unterstützt. Seine Anleitung hat meine fachliche Ausbildung sehr gefördert.

Außerdem danke ich den Mitarbeitern des Lehrstuhls, und zwar PD Dr. Dr. habil. H. Mayer, Dr. G. Enders, Dipl.-Forstw. G. Gietl und Dipl.-Met. M. Kirchner für die fachliche und menschliche Betreuung sowie Dipl.-Met. U. Teichmann und Dipl.-Forstw. Ch. König für die sprachliche Korrektur des Textes. Dankbar bin ich auch W. Hirner und C. Mooslechner für die Reinzeichnung der Abbildungen sowie Frau H. Dany für die Reinschrift des Manuskriptes.

Zu Dank verpflichtet bin ich dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) für die Hilfen bei meinem Aufenthalt in der Bundesrepublik Deutschland.

Schließlich danke ich meiner Regierung der V.R. China für die Möglichkeit, daß ich meine fachliche Ausbildung im Ausland erweitern konnte.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Gebiet der Volksrepublik China umfaßt 9.560.779 km². Darin leben über 1 Milliarde Einwohner, deren Lebensmittel jedoch in einem viel kleineren Gebiet gewonnen werden müssen, weil weite Teile des Landes Wüsten und Gebirge sind. Dazu kommt, daß Trockenzeiten und Hochwasser die Nahrungsmittelproduktion zeitweise erheblich behindern. Obwohl der Bevölkerungszuwachs jährlich nur 1-2 % beträgt, ist Vorsorge für die Sicherstellung der Ernährung zu treffen. Mit dieser Untersuchung wird festgestellt, wie groß das natürliche, klimatisch begründete Produktionspotential ist, und wie es durch künstliche Bewässerung ausgewertet werden kann.

Zunächst sind durch Karten der Niederschlags-, Verdunstungs- und Abflußhöhen die natürlichen Grundlagen kartiert und das Land klimatologisch klassifiziert worden. Sodann ist mit Hilfe des Miami-Modells und des Thornthwaite-Memorial-Modells die potentielle Pflanzenproduktion berechnet worden. Mit den Ergebnissen wurde das Land in fünf Gebiete für land- und forstwirtschaftliche Produktion unterteilt. Anhand der hydrologischen Verhältnisse wurden schließlich der Wasservorrat, der Wasserbedarf und die Beregnungsbedürftigkeit ermittelt.

1. EINLEITUNG

Das Wasser ist eine der wichtigsten Ressourcen der Erde. Es hat in nahezu allen Lebensbereichen eine entscheidende Funktion, u.a. als Baustoff bei der Photosynthese der Pflanzen, als Bestandteil der Organismen sowie als Energieregler für den Wärmehaushalt der Erde. "Ein Teil der Wasservorräte befindet sich in stetigem Kreislauf und Aggregatswechsel, indem es von Wasser- und Landflächen der Erde verdampft und nach Kondensation in der Atmosphäre als Niederschlag in fester oder flüssiger Form wieder zu den Erdoberflächen abgesetzt wird" (BAUMGARTNER und REICHEL, 1975). Dieser Wasserkreislauf wird in der Wasserbilanz mengenmäßig erfaßt.

Die Kenntnis der einzelnen Komponenten der langjährigen Wasserbilanz - Niederschlag, Abfluß, Verdunstung - ist also u.a. durch die enge Kopplung des Wasserhaushaltes mit dem Energiehaushalt mittels der Verdunstung von großer Bedeutung. Zwar haben BAUMGARTNER und REICHEL (1975) sowie BUDYKO (1977) eine Weltwasserbilanz aufgestellt, doch existiert für China eine detaillierte Wasserbilanz bis jetzt noch nicht. Vom ZENTRALEN WETTERDIENST CHINAS (1978), der den Klimaatlas von China herausgab, wurde bisher lediglich eine Karte der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe angefertigt.

Weitere Verwendung finden die Wasserbilanzkomponenten Niederschlag und Verdunstung bei einem der wichtigen biologischen Probleme der Gegenwart, bei der Bestimmung der potentiellen Produktion an Trockensubstanz der Pflanzendecke, d.h. der Mengen an organischer Substanz, die unter den gegebenen Klimabedingungen pro Flächeninhalt maximal erzeugt werden können (HUBER, 1975).

Die Abschätzung dieser Mengen ist für die Land- und Forstwirtschaft von großer Bedeutung, um geeignete Maßnahmen zu treffen, damit diese Ressourcen optimal genutzt werden können. Erste Abschätzungen sind von LIEBIG (1862) unternommen worden. Sein Wert für die jährliche globale Pflanzenproduktion von 230 bis 240 x 10⁹ t CO₂ entspricht etwa 130 bis 140 x 10⁹ t Trockensubstanz. LIETH (1974) hat zwei mathematische Modelle - das Miami-Modell und das Thornthwaite-Memorial-Modell, das auch Lieth-Box-Modell genannt wird - für die quantitativen Beziehungen zwischen klimatischen Faktoren und der Pflanzenproduktion erstellt. Mit diesen Modellen sind die Pflanzenproduktion auf der Erde berechnet und Pflanzenproduktivitätskarten gezeichnet worden. LIETH's Wert für die jährliche globale Produktion der Pflanzen an organischer Trockensubstanz ist mit 155.2 x 10⁹ t etwa 10 % bis 20 % höher als derjenige von LIEBIG. LIETH nimmt an, daß die neueren Werte recht zuverlässig sind, da mehrere Autoren, z.B. WHITTAKER UND LIKENS (1973), unabhängig voneinander zu ähnlichen Zahlen gelangt sind.

Genau wie bei der Wasserbilanz sind Untersuchungen über die gesamte jährliche Pflanzenproduktivität in Abhängigkeit von Klimafaktoren für ganz China bisher nicht vorgenommen worden. Lediglich für einzelne Gebiete Chinas, z.B. für die nordchinesische Tiefebene (Abb. 1), hat ZHU KOZHEN (1963) die Getreideproduktion in Abhängigkeit von Sonnenstrahlung, Lufttemperatur und Niederschlag abgeschätzt; durch die Chinesische Wissenschaftliche Akademie und das Physiologische Institut Shanghai wurde die Reis- und Weizenproduktion in Abhängigkeit von der Sonnenstrahlung bestimmt.

2. GLIEDERUNG DER V.R. CHINA UND PROBLEMATIK

Die Volksrepublik China umfaßt 9.560.779 km². Darin leben über 1 Milliarde Menschen, wovon sich in der westlichen Landeshälfte nur 5 % befinden. Die Menschen drängen sich in den östlichen Provinzen der Tiefebene und an den Küsten.

Eine Übersicht über die Topographie des Landes enthält die Abb. 1.

Eine weitere Übersicht ist durch die Abb. 2 gegeben, in der die Oberflächenformen und die Landschaftsgliederung dargestellt sind. Die natürliche Landschaft ist in 41 Einheiten gegliedert. Diese Einheiten decken sich zum Teil mit den 29 Verwaltungsprovinzen des Staates. Der Charakter der Landschaften und Provinzen wird durch die weiteren Karten in dieser Arbeit vor allem aus klimatischer und hydrologischer Sicht beleuchtet.

Eines der großen Probleme des Landes ist die Sicherstellung der Nahrungsmittelproduktion. Die Konzentration der Bevölkerung in den Ostprovinzen hat klimatische Ursachen. Weite Teile des Landes sind für die Agrarproduktion und für Forstwirtschaft wegen arider oder Gebirgsverhältnisse ungeeignet. Darüber hinaus engen Trockenzeiten und Hochwasser im Bereich der Ströme die Produktion zeitweise ein. Die Agrarproduktion ist eine Frage des Wasserhaushaltes. Die Schlüsselfunktion für die Pflanzenproduktion zu bewerten ist das Ziel dieser Untersuchung.



Abb. 1 Topographie der V.R. China



I Nordwestchinesische Hochgebirge und Becken

- 1 Altai
- 2 Tienshan
- 3 Dsungarisches Becken
- 4 Turfansenke
- 5 Tarimbecken (Takla Makan)
- 6 Mongolisches Plateau (Gobi)
- 7 Ordosplateau

II Nordostchinesische Randgebirge

- 8 Loßplateau und Loßbergländer
- 9 Inshan
- 10 Bergland von Jehol
- 11 Großer Khingan
- 12 Kleiner Khingan
- 13 Ostmandschurisches Bergland
- 14 Bergland von Shantung

III Nordchinesische Ebenen

- 15 Amur-Ussuri-Tiefland
- 16 Nordostchinesisches (Mandschurisches) Tiefland
- 17 Nordchinesische (Große, Gelbe) Tiefebene
- 18 Yangtsietieflandskammern

IV Zentralchinesischer Gebirgsgürtel

- 19 Tsinlingshan
- 20 Tapashan
- 21 Tapieshan/Hwaiyangshan

V Südchinesische Berg- und Hügelländer

- 22 Sudyangtsebergland
- 23 Wuyishan/Tayushan
- 24 Südostchinesisches Bergland und Deltaebenen
- 25 Nanlingshan
- 26 Südnanlingbergland und Delta von Canton
- 27 Halbinsel Luichow und Insel Hainan

VI Rotes Becken von Szechwan

VII Südwestchinesische Plateaus

- 28 Kweichowplateau
- 29 Yunnanplateau
- 30 Shanplateau

VIII Südwestchinesische Hochländer und Hochgebirge

- 31 Pamir
- 32 Altin Tagh
- 33 Nanshan
- 34 Kunlun
- 35 Karakorum
- 36 Himalaya
- 37 Hong-Duan-Gebirge
- 38 Hochland von Zentraltibet
- 39 Tsaidambecken
- 40 Koko-Nor-Becken
- 41 Taiwan

Abb. 2 Oberflächenformen und Landschaftsgliederung der V.R. China
(nach: Albrecht et al., 1980)

3. WASSERHAUSHALT IN CHINA

Im Begriff Wasserhaushalt sind alle hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Aspekte untergebracht. Dominierend für den Wasserhaushalt sind das Niederschlagsdargebot durch den Niederschlag, der Aufbrauch des Wassers durch die Verdunstung und die Verlagerung des Wassers im Abfluß der Ströme und der Flüsse sowie im Grundwasser. Das Wasser haushalten und bewirtschaften war in den alten Chinareichen politische Grundregel. Die Ansiedlungen liegen an den großen Stromsystemen. Hochwasserschutz und Wasserumleitungen durch Kanäle für Bewässerung der Felder sind überall gegenwärtig.

3.1 Die Wasserbilanz

Zur Quantifizierung der Wasserumsätze ist die Aufstellung von Wasserbilanzen vorteilhaft. Die allgemeine Wasserbilanzgleichung lautet:

$$N = V + A \pm \Delta S \quad (1)$$

mit N : Niederschlag
 V : Verdunstung
 A : Abfluß
 ΔS : Änderung des Speichers

Für das langjährige Mittel kann angenommen werden, daß sich diese Gleichung reduziert zu:

$$N = V + A \quad (2)$$

Das Ziel in den folgenden drei Abschnitten ist es nun, diese drei Komponenten an jedem der durch ein äquidistantes Gitternetz vorgegebenen Gitterpunkte zu bestimmen. Dieses Gitternetz umfaßt 1827 Gitterpunkte, von denen jeder einzelne eine Fläche von 4900 km² repräsentiert (Abb. 3).

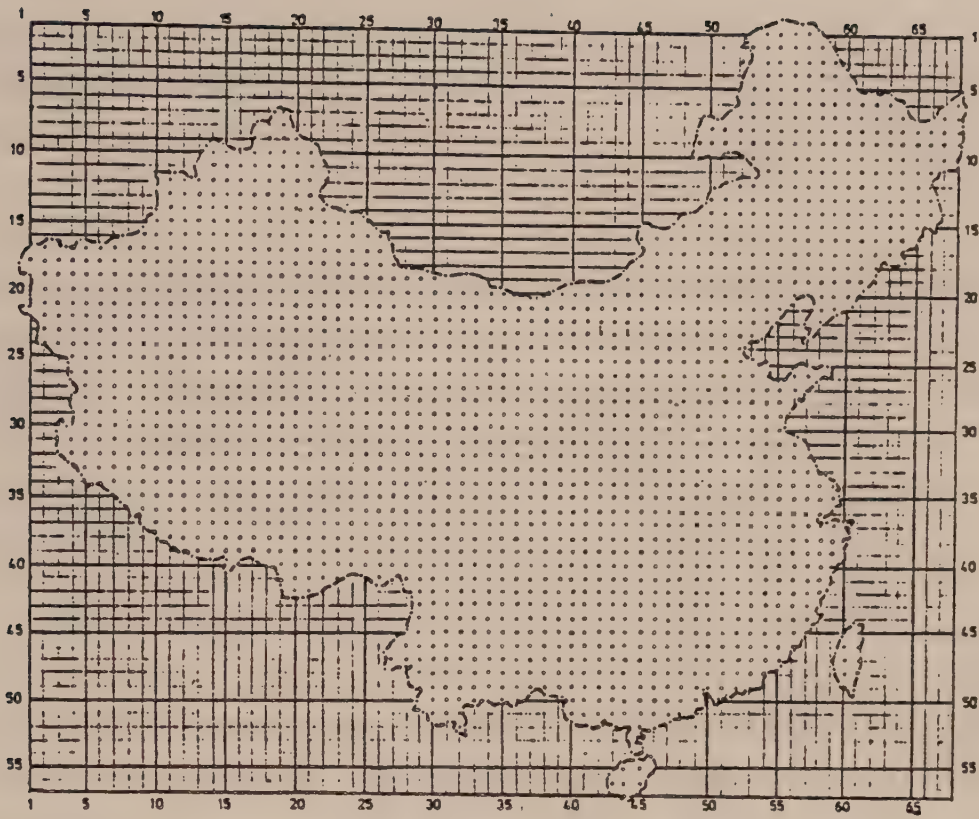


Abb. 3 Einteilung der V.R. China in ein
äquidistantes Gitternetz

3.2 Niederschlag

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe der Jahre 1951 - 1970 in China wurde vom ZENTRALEN WETTERDIENST CHINAS (1978) in Kartenform dargestellt. Mit Hilfe dieser Niederschlagskarte (siehe Abb. 4) wurden die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen an den Gitterpunkten der Abb. 3 ermittelt.

Die Abb. 4 zeigt eine generelle Abnahme des Niederschlags von Südosten nach Nordwesten, mit dem Maximum im Himalaya-Gebirge (ca. 4000 mm/Jahr) und dem Minimum im Tsaidam- bzw. Tarim-Becken (< 20 mm/Jahr). Für die großen Niederschlagshöhen, besonders im Luv der Gebirge, im Südosten (ca. 2000 mm/Jahr) bzw. in den südlichen Teilen der Provinzen Yünan und Guangxi (ca. 1800 mm/Jahr) und im Himalaya-Gebirge sind der ostasiatische bzw. der indische Sommermonsun verantwortlich. Dagegen werden das Hochland von Zentraltibet, das Tarim-, Tsaidam- und Dsungar-Becken sowie die Innere Mongolei von keinerlei Monsunwinden erreicht, so daß hier nur wenig Niederschlag fällt (0 - 100 mm/Jahr). Lediglich im Luv des Tianshan-Gebirges steigt die jährliche Niederschlagssumme bis auf ca. 400 mm an, was durch die bis dorthin reichenden feuchten Luftmassen, die aus dem Nordeismeer kommen, zu erklären ist.

3.3 Verdunstung

Die Verdunstung einer vegetationsbedeckten Erdoberfläche, die Evapotranspiration V, setzt sich folgendermaßen zusammen:

$$V = E + T + I \quad (3)$$

mit : Evaporation E : Verdunstung durch eine leblose Oberfläche, z.B. Boden oder Wasser

Transpiration T : Verdunstung lebender Objekte, bei Pflanzen über die Stomata



Abb. 4 Verteilung der jährlichen Niederschlagshöhen (mm) in der V.R. China

Interzeptions- Verdunstung des vorübergehend
verdunstung I : auf Oberflächen zurückgehaltenen
Niederschlagswassers.

3.3.1 Potentielle Verdunstung

Da die aktuelle Verdunstung erheblich von der Wassernach-
leitung beeinflusst wird, die im wesentlichen nicht von
aktuellen meteorologischen Parametern abhängt, wurde der
Begriff der potentiellen Verdunstung eingeführt. Man ver-
steht darunter die unter den gegebenen Klimabedingungen
maximal mögliche Verdunstung, wenn Wasser im Überschuß
vorhanden ist. Bei freien Wasserflächen ist also die ak-
tuelle gleich der potentiellen Verdunstung, während bei
den meisten anderen Oberflächen die tatsächliche Verdun-
stung zumindest zeitweise durch Wassermangel oder andere
Widerstände, z.B. im Boden, eingeschränkt ist. Die Kennt-
nis der potentiellen Verdunstung ist u.a. in der Bewässe-
rungstechnik und beim Talsperrenbau sehr wichtig (KELLER,
1961).

Aus der großen Anzahl von Formeln zur Berechnung der poten-
tiellen Evapotranspiration sind jene von PENMAN und von
THORNTHWAITE die bekanntesten. Die THORNTHWAITE-Formel
(1948) stützt sich ausschließlich auf die Lufttemperatur
als maßgebendes Klimaelement und ist in nachstehender Form
für Grünland gültig:

$$V_p = 16 \cdot (10 \cdot t_m / I)^a \cdot F \quad (4)$$

mit V_p = monatliche potentielle Evapotranspiration in mm
 t_m = Monatsmittel der Lufttemperatur in °C
 I = Jahressumme des monatlichen Wärmeindex = $\sum_{n=1}^{12} i_n$
 i = monatlicher Wärmeindex = $(t_m / 5)^{1.514}$
 a = $0.000000675 \cdot I^3 - 0.0000771 \cdot I^2 + 0.01792 \cdot I + 0.49239$
 F = Anpassung bezüglich Monatslänge und potentieller
Sonnenscheindauer in Abhängigkeit von
der geographischen Breite

Zur Bestimmung der potentiellen Verdunstung nach THORNTHWAITE wurden - analog zum Niederschlag - die Monats- und Jahresmitteltemperaturen an den Gitterpunkten mit Hilfe der Temperaturkarten des ZENTRALEN WETTERDIENSTES CHINAS

(1978) ermittelt (siehe z.B. Abb. 5). Danach nimmt die mittlere Jahrestemperatur in China generell sowohl von Süden (ca. 22 °C) nach Norden (ca. -4 °C) als auch von Südosten (ca. 20 °C) nach Westen (ca. -8 °C) ab. Das Minimum der berechneten mittleren jährlichen potentiellen Verdunstung liegt mit 300 mm im Hochland von Zentraltibet (Abb. 6). Die höchsten Werte sind in den Provinzen Kwangsi (Guangxi) und Kwangtung (Guangdong) zu finden (ca. 1200 mm).

3.3.2 Wirkliche Verdunstung

Da für die vorliegende Untersuchung keine zufriedenstellenden Abfluß-Werte von China zur Verfügung standen, konnte die wirkliche Verdunstung nicht als Differenz von Niederschlag und Abfluß berechnet werden, sondern mußte mit Hilfe einer empirischen Formel, welche die Wasserhaushaltskomponenten mit Klimaelementen verbindet, bestimmt werden. Es wurde hier die weltweit gültige Formel von TURC (1954) ausgewählt, die die Berechnung der wirklichen jährlichen Verdunstung aus Jahresmitteltemperatur und Jahressumme des Niederschlags zuläßt:

$$V = \frac{N}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{N}{L}\right)^2}} = \frac{1.054 \cdot N}{\sqrt{1 + \left(\frac{1.054 \cdot N}{L}\right)^2}} \quad (5)$$

mit: V = wirkliche, mittlere jährliche Verdunstung in mm
 N = mittlere jährliche Niederschlagssumme in mm
 L = maximale Verdunstung in mm
 $L = 300 + 25 \cdot T + 0,05 \cdot T^3$
 T = mittlere jährliche Lufttemperatur in °C

Gleichung (5) ist gültig für:

$$N^2/L^2 > 0,1 \text{ bzw. } N > 0,316 \cdot L.$$

Wenn $N/L < 0,316$ ist, dann kann $N = V$ gesetzt werden.

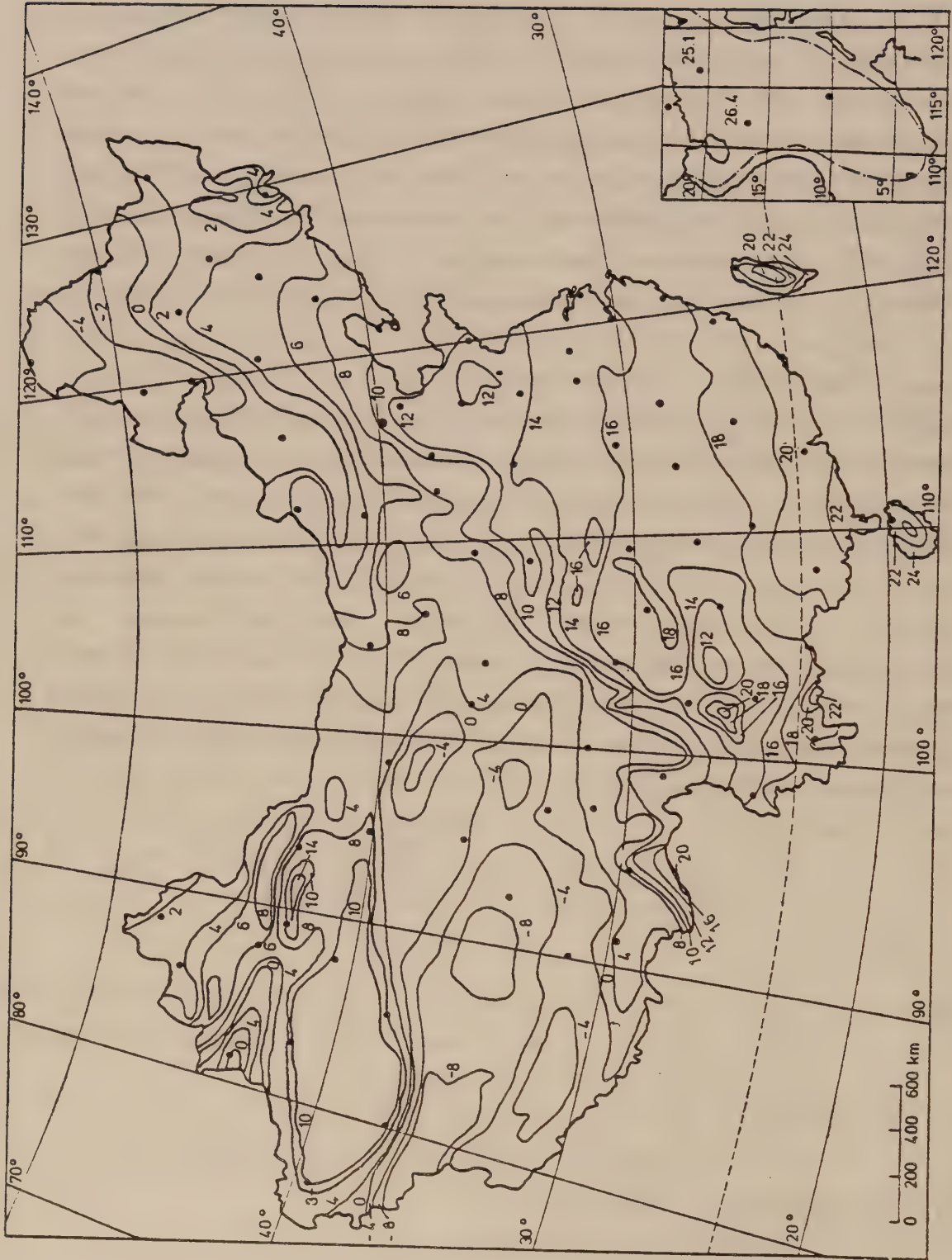


Abb. 5 Verteilung der Jahresmittel der Lufttemperaturen ($^{\circ}\text{C}$) in der V.R. China

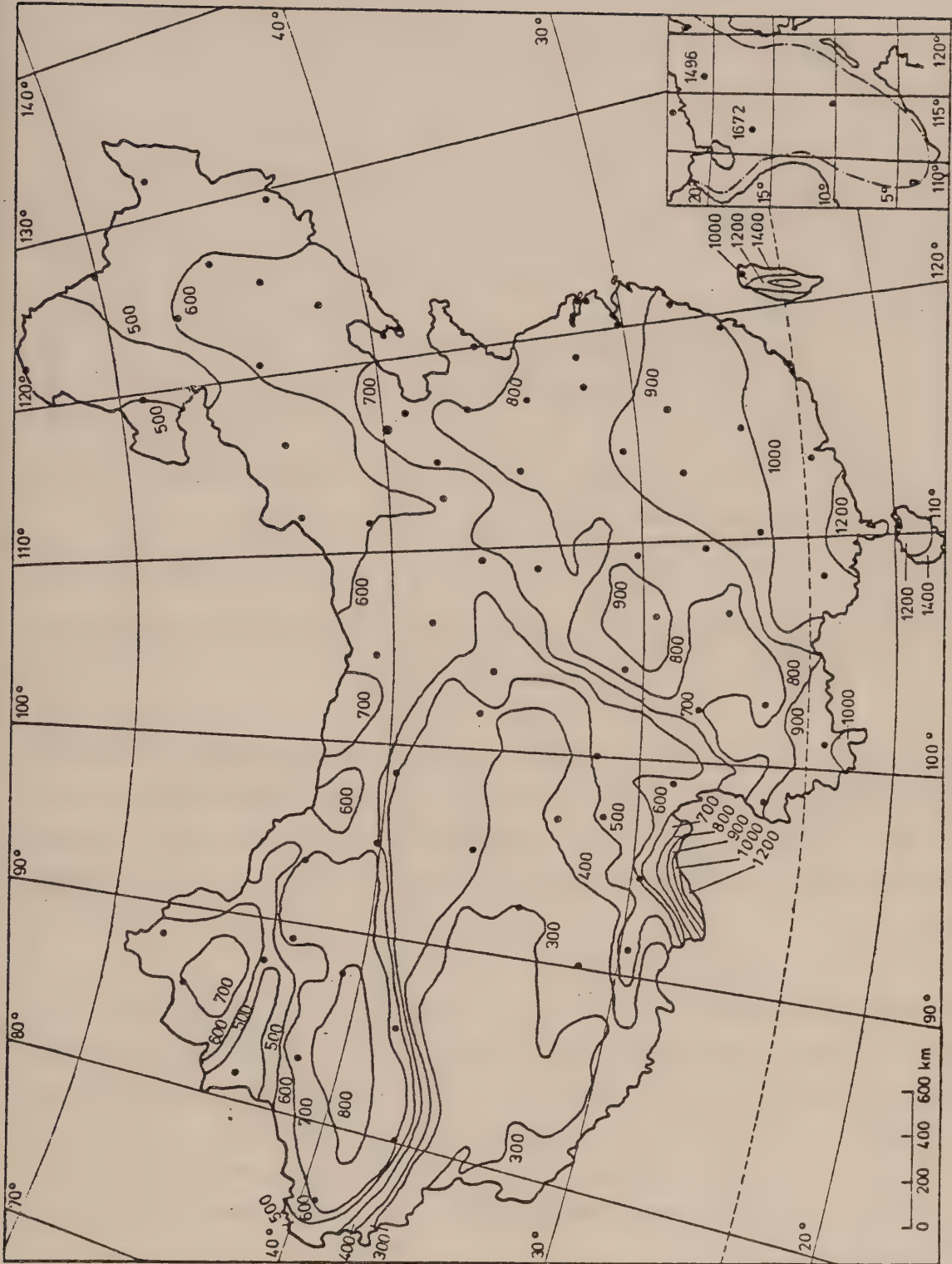


Abb. 6 Verteilung der jährlichen potentiellen Verdunstung (mm) in der V.R. China

Die Gleichung (5) gilt allerdings nur für größere Flächen, bei denen sich die speziellen geographischen Gegebenheiten ausgleichen (KELLER, 1961).

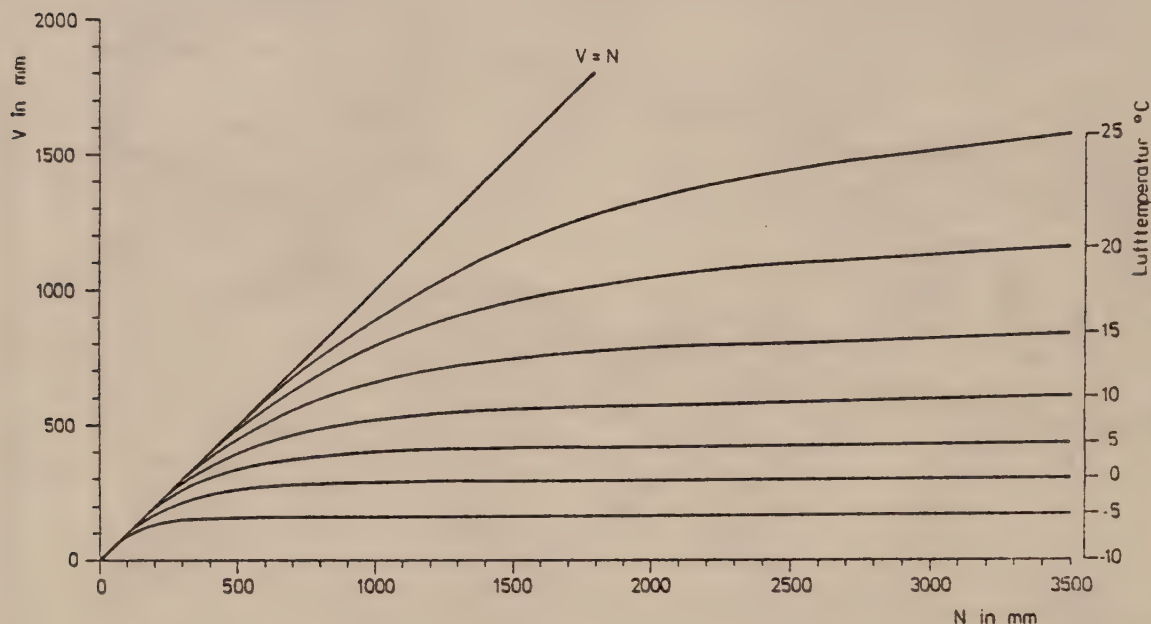


Abb. 7 Nomogramm zur Bewertung der realen Verdunstung nach der Formel von TURC (1954)

Aus Abb. 7, in der die TURCsche Gleichung graphisch verdeutlicht wird, ist zu entnehmen, daß die Verdunstung einen von der Jahresmitteltemperatur abhängigen Grenzwert, selbst bei noch so hohem Jahresniederschlag, nicht überschreiten kann.

Da nach den Abb. 4 und 5 die Jahresmitteltemperatur und der mittlere Jahresniederschlag generell von Südostchina nach Nordwestchina abnehmen, muß die wirkliche Verdunstung nach TURC ein ähnliches Aussehen haben, was Abb. 8 bestätigt. An einzelnen Orten in den Trockengebieten ist die wirkliche Verdunstung gleich Null, da dort fast kein Niederschlag fällt.

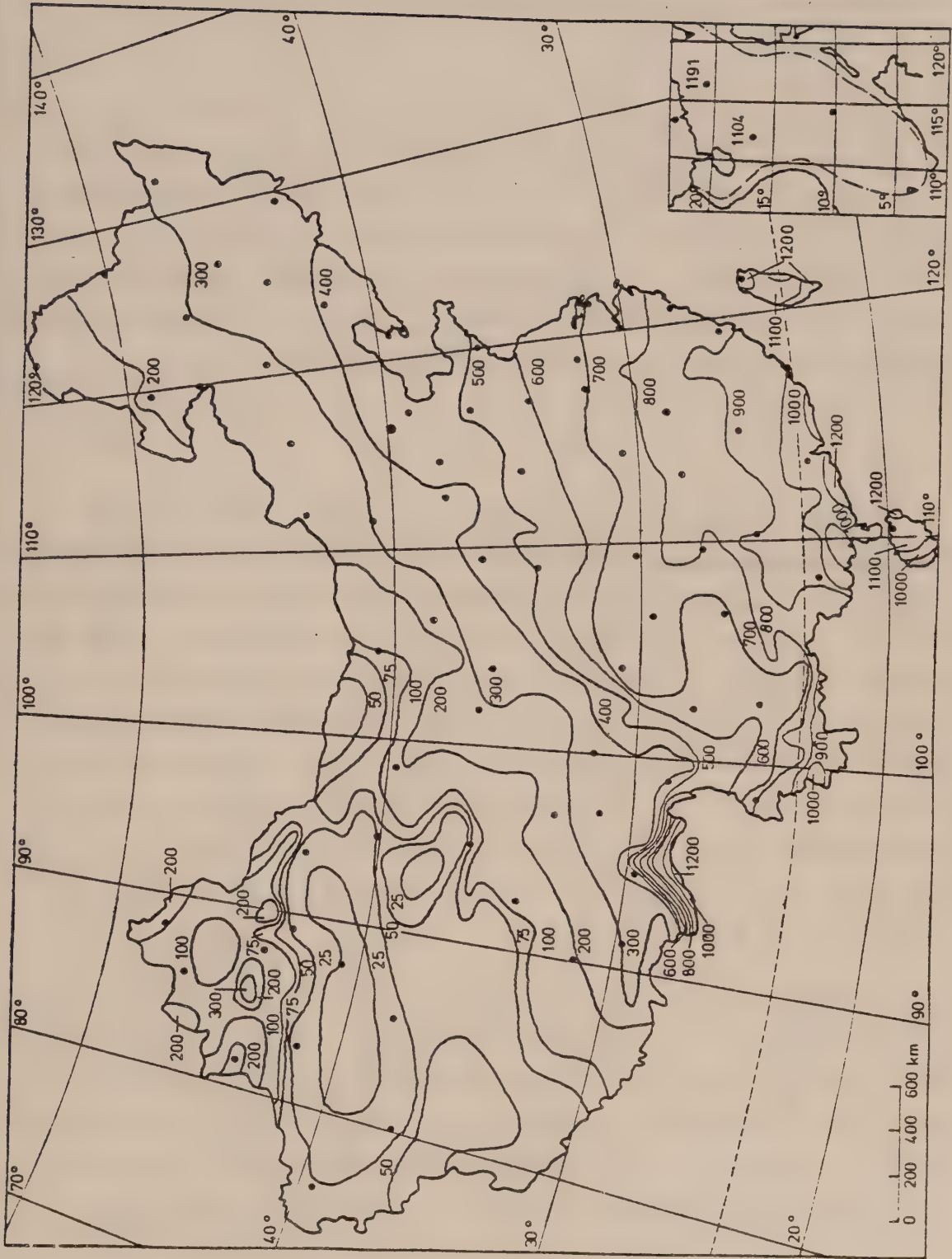


Abb. 8 Verteilung der wirklichen jährlichen Verdunstungshöhen (mm)
in der V.R. China

Die Verteilung der wirklichen Verdunstung in Abb. 8 stimmt recht gut mit den Ergebnissen von BAUMGARTNER und REICHEL (1975) sowie BUDYKO (1977) überein. Hauptdaten der Wasserbilanzgrößen sind im Anhang, Tab. I, enthalten.

3.4 Bewässerung

Um in einem Pflanzenbestand die höchste Produktivität zu erreichen, muß den Pflanzen ausreichend Wasser zur Verfügung stehen. Zur Abschätzung des maximalen Wasserbedarfs kann die potentielle Evapotranspiration herangezogen werden (HUBER, 1975). Die Differenz zwischen potentieller und wirklicher Verdunstung liefert dann die maximale Bewässerungsmenge (absolutes Verdunstungsdefizit)

$$B = V_p - V. \quad (6)$$

Durch die minimalen Werte der wirklichen Verdunstung in den Trockengebieten (Taklamakan-Wüste und Tsaidam-Becken) steigt die maximale Bewässerungsmenge nach Nordwestchina hin an (Abb. 9). In Südostchina müßten also 100 - 200 mm Wasser pro Jahr zugeführt werden, um eine maximale Pflanzenproduktivität zu erreichen. Es gibt nach diesen Berechnungen in China kein Gebiet, in dem nicht bewässert werden müßte. In Tab. II im Anhang sind die maximalen Bewässerungsmengen für 66 Stationen aufgeführt. Der maximale Wert ist hier in Hotian (746 mm/a), der minimale in Tengchung (20 mm/a) zu finden.

Als relatives Verdunstungsdefizit wird hier der Quotient aus wirklicher und potentieller Verdunstung V/V_p bezeichnet. Dieses Verhältnis beinhaltet im Grunde dieselbe Aussage wie die maximale Bewässerung, läßt aber keine Aussage über die Quantität der nötigen Bewässerung zu. Die Verteilung dieser Verhältniszahl ist in Abb. 10 aufgetragen.



Abb. 9 Verteilung der mittleren Summe der potentiellen Bewässerungshöhe (mm) = $V_p - V$ in der V.R. China



Abb. 10 Verteilung des Jahresmittels des Verdunstungsquotienten V/V_p
 (aus wirklicher Verdunstung V zur potentiellen Verdunstung V_p)
 in der V.R. China

3.5 Trockenheitsindex

Zur Abstufung feuchter und trockener Klimate wird hier ein Trockenheitsindex I_T verwendet, der als Quotient zweier für die Pflanzenproduktion sehr wichtiger Faktoren, nämlich potentieller Verdunstung V_p und Niederschlag N , gebildet wird (potentielles Verdunstungsverhältnis) :

$$I_T = \frac{V_p}{N} \quad . \quad (7)$$

Ist dieser Index kleiner als 1.0, so ist das Klima des entsprechenden Gebietes feucht. Je größere Werte der Index annimmt, desto trockener ist das Klima. Die Verteilung dieses Trockenheitsindex für China (mittlere potentielle Jahresverdunstung nach THORNTHWAITE / mittlerer Jahresniederschlag) zeigt Abb. 11. Der Index nimmt auf dem Festland Werte zwischen 0.3 und 80 an.

Mit Hilfe dieses Trockenheitsindex kann man nun das Klima von China klassifizieren, was für die Land- und Forstwirtschaft von großer Bedeutung ist. Mit dem Klassifikationsschema in Tab. 1 erhält man die in Abb. 12 dargestellte Einteilung Chinas in fünf Klimazonen.

Tab. 1 Klimaklassifikation der V.R. China nach Trockenheitsindex V_p/N und mittlerer jährlicher Niederschlagshöhe N

Klimagürtel	Trockenheitsindex		jährl. Niederschlagshöhe (mm)	Flächenanteil in %
Waldklima	< 1.0		über 600 mm	40
Waldsteppen- klima	1.0-	1.4	400 - 600	24
Steppenklima	1.5-	1.9	200 - 400	6
semiarides Klima	2.0-	3.9	100 - 200	8
arides Klima	≥ 4.0		unter 100	22



Abb. 11 Verteilung des Jahresmittels des Trockenheitsindex V_p/N in der V.R. China

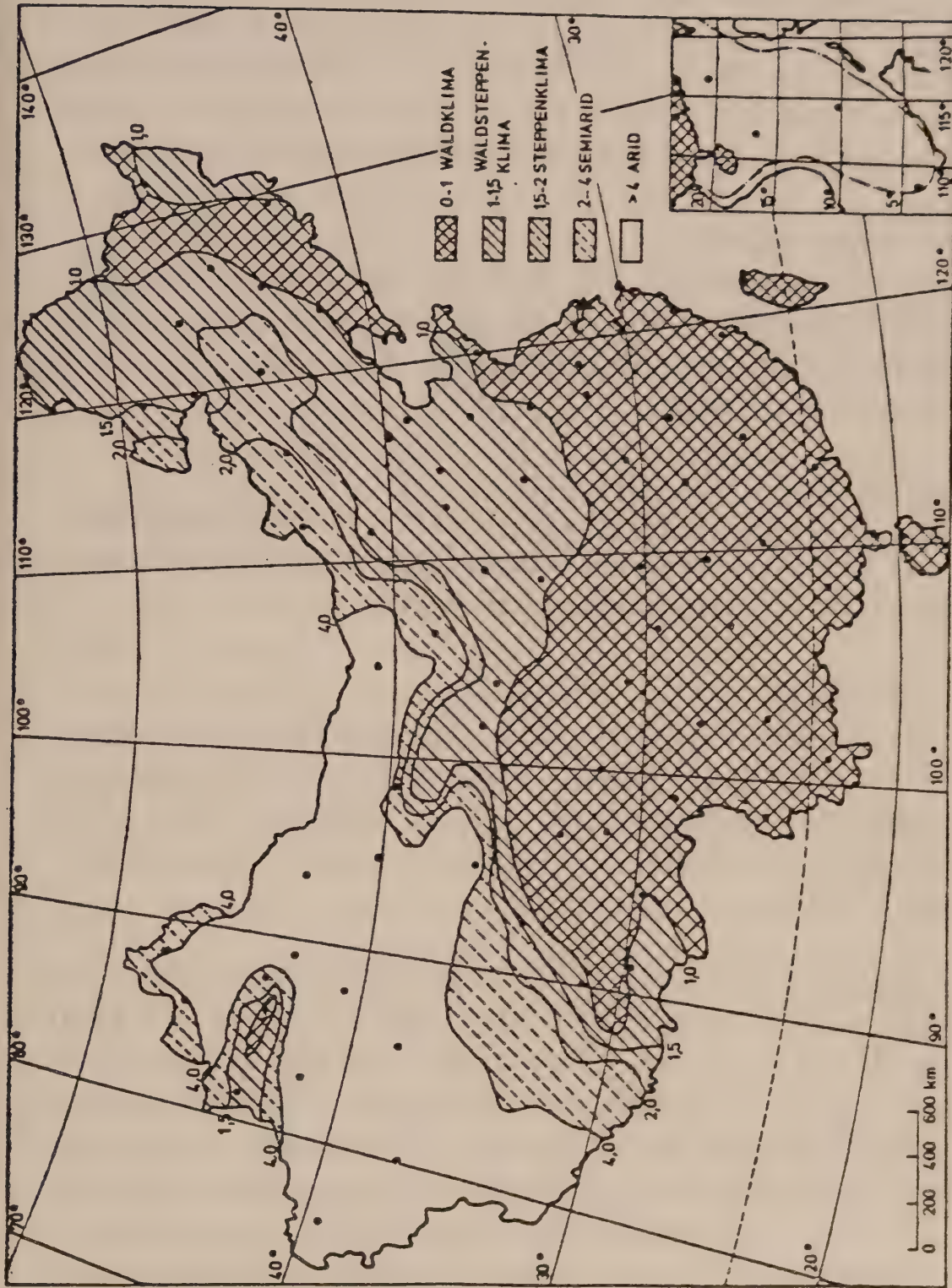


Abb. 12 Klimazonen in der V.R. China aufgrund des Trockenheitsindex V_p/N

Die Klimate sind folgendermaßen zu charakterisieren:

- Waldklima

Das Waldklima umfaßt mit einem Flächenanteil von 40 % den größten Teil Chinas. Es erstreckt sich in West-Ost-Richtung von Lhasa bis Shanghai, in Nord-Süd-Richtung von Lanchow bis Chanchiang und im Nordosten zwischen Aihu und Luta sowie zwischen Changchun und Yenki.

- Waldsteppenklimate

Das Waldsteppenklimate hat nach dem Waldklima den zweitgrößten Flächenanteil in China und weist seine größte Ausdehnung in der Löß-Hochebene und im westlichen Teil der nordchinesischen Tiefebene auf.

- Steppenklimate/semiarides Klimate

Diese beiden Klimazonen sind relativ schmale Übergangszonen mit ihren größten Ausdehnungen westlich der nordchinesischen Tiefebene bzw. in Tibet.

- arides Klimate

Diese Klimazone umfaßt alle Trockengebiete, wie z.B. das Tarim-, das Dsungar-, das Tsaidam-Becken, die innere mongolische Wüste sowie Teile Tibets. Es ist nach der hier verwendeten Einteilung die drittgrößte Klimazone Chinas.

Nach dieser Einteilung Chinas in Klimazonen sind die Zonen "Waldklima" und "Waldsteppenklimate" für die Land- und Forstwirtschaft günstig. In den anderen Zonen ist die Pflanzenproduktion zwar auch möglich, aber nur in kleinen Gebieten, in denen genügend Wasservorräte (Grundwasser, Seen und Flüsse) vorhanden sind. Land- und Forstwirtschaft auf großen Flächen würde dort die ökologische Bilanz zerstören. Das Steppenklimate ist nur für die Viehzucht geeignet. Die

semiaride Zone ist das Übergangsgebiet zwischen dem Steppeklima und dem ariden Klima und daher ökologisch unsteigig. Dies bedeutet, daß man dieses Gebiet durch geeignete Maßnahmen in Grasland umwandeln kann; wenn man aber nichts unternimmt, wird es sich wahrscheinlich in ein arides Gebiet verwandeln.

Für den zur Zeit im Nordwesten, Norden und Nordosten Chinas entstehenden Waldstreifen wäre demnach der Grenzbereich zwischen Waldsteppen- und Steppenklima der beste Standort, da dort mehr Wasser zum Wachstum zur Verfügung steht und somit der Wald seine schützende Rolle besser wahrnehmen kann. Da jedoch nach BAUMGARTNER (1971 - 1982) und HE (1961 bis 1981) die Verdunstung von Wald etwa 30 % bis 40 % höher als die von Gras- und Ackerland ist, ist es ratsam, einen lockeren Waldstreifen anzubauen, damit vom Wald nicht zuviel Wasser verbraucht und die ökologische Bilanz nicht zerstört wird.

3.6 Abfluß

Nachdem in den Abschnitten 3.2 und 3.3 Niederschlag (aus dem Klimaatlas von China) und Verdunstung (mit Hilfe der Formel von TURC) ermittelt wurden, läßt sich nun der Abfluß als Differenz dieser beiden Wasserbilanzkomponenten bestimmen. Genauso wie der mittlere Jahresniederschlag und die mittlere wirkliche Jahresverdunstung nimmt der mittlere Jahresabfluß von Nordwesten (0 mm) nach Südosten (900 mm) am Rande von Wujisan- und Nanling-Gebirge zu (Abb. 13), was darauf zurückzuführen ist, daß der Niederschlagsgradient in dieser Richtung wesentlich größer als derjenige der Verdunstung ist. Auffällig ist die Singularität am sehr steilen Aufstieg vom Sinchuan-Becken zum Hong-Duan-Gebirge, welche auch bei BAUMGARTNER und REICHEL (1975) sowie BUDYKO (1977) zu finden ist.

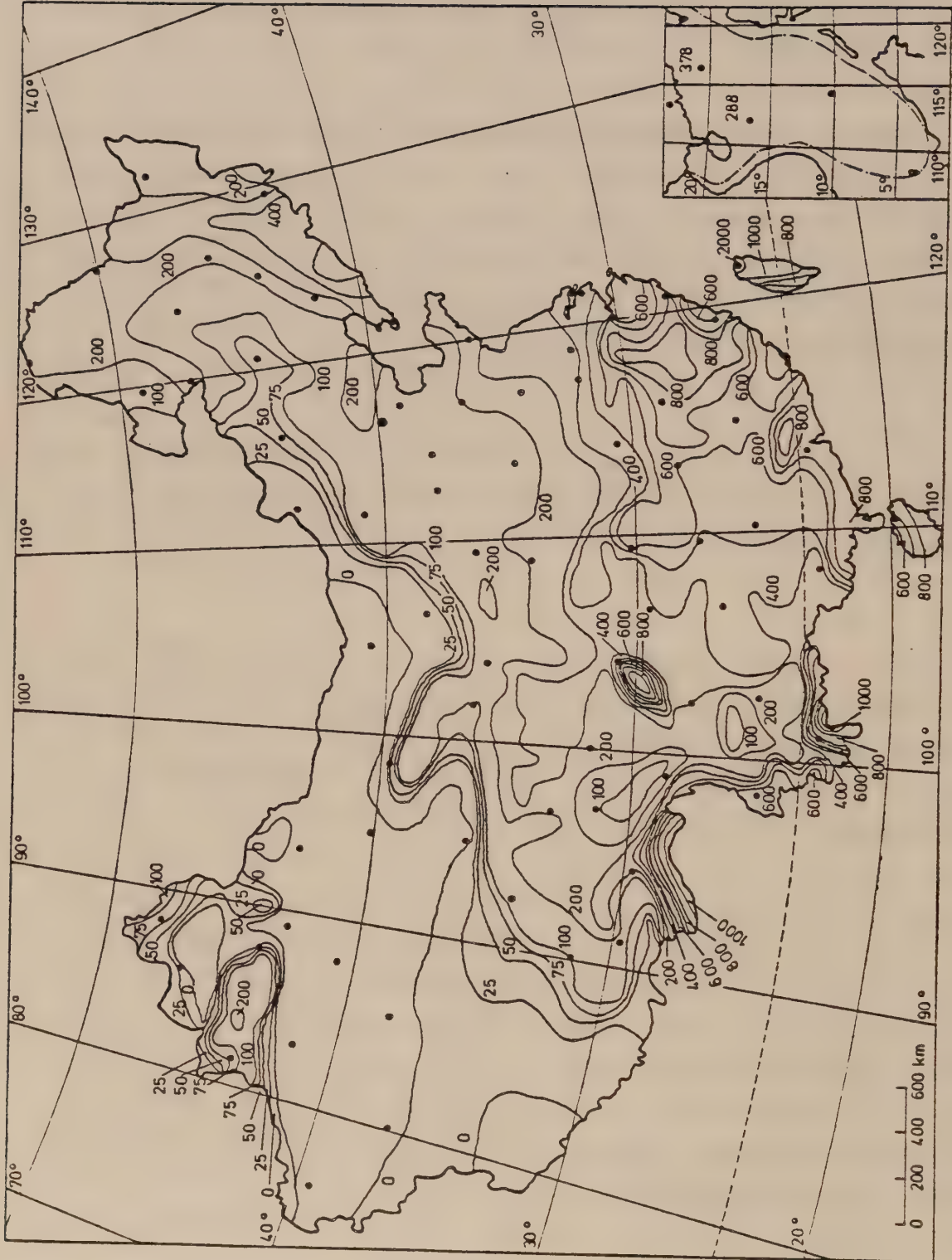


Abb. 13 Verteilung der mittleren Jahressumme der Abflußhöhe (mm)
in der V.R. China

Der mittlere jährliche Abflußkoeffizient K , d.h. der Quotient aus Abfluß A und Niederschlag N

$$K = \frac{A}{N} \quad , \quad (8)$$

hat in China sein Maximum mit 0.7 am Oberlauf des Jangtze Kiang und des Huanghe Ho (Abb. 14). Von dort nimmt er sehr rasch zum Tsaidam-Becken hin ab. Im ganzen südöstlichen Teil nimmt er Werte zwischen 0.3 und 0.5 an.

Sämtliche bisher berechneten Größen, außer der maximalen Bewässerungsmenge, sind für die 66 Stationen in Tab. I im Anhang aufgeführt.

4. POTENTIELLE PFLANZENPRODUKTION

Die ausreichende Pflanzenproduktion bedeutet für China ein Problem. Einerseits sind zwar - außer in einem kleinen Teil Tibets und Nordostchinas - die Wärmebedingungen dafür ausreichend, was anhand der Globalstrahlungsverteilung in China in der Abb. 15 ersichtlich ist. Andererseits wird aber die Pflanzenproduktion durch das Wasserangebot sehr eingeschränkt, das von Südosten nach Nordwesten stark abnimmt, wie in Kapitel 3 dargestellt wurde.

In den folgenden Abschnitten soll, in Ermangelung experimenteller Werte, die potentielle Primärproduktion von Pflanzen, die vor allem von günstigen Umweltbedingungen abhängt, mit Hilfe dreier von LIETH (1974) vorgestellten Formeln abgeschätzt werden. Die nachfolgenden ersten beiden Gleichungen wurden aus einem Datensatz (jeweils jährliche Produktivität, jährliche Niederschlagssumme, mittlere Jahrestemperatur) von etwa 50 weltweit verteilten Stationen statistisch gewonnen.



Abb. 14 Verteilung des mittleren jährlichen Abflußkoeffizienten A/N in der V.R. China



Abb. 15 Verteilung der jährlichen Globalstrahlung ($\text{kcal}/\text{cm}^2 \cdot \text{a}$) in der
V.R. China

$$TSP_T = 3000 / (1 + e^{1.315 - 0.119 \cdot T}) \quad (9)$$

$$TSP_N = 3000 \cdot (1 - e^{-0.000664 \cdot N}) \quad (10)$$

$$TSP_V = 3000 \cdot (1 - e^{-0.0009695 \cdot (V - 20)}) \quad (11)$$

mit: TSP_T = jährliche Trockensubstanzproduktion in Abhängigkeit von der mittleren Jahrestemperatur in $g/m^2 \cdot a$.

TSP_N = jährliche Trockensubstanzproduktion in Abhängigkeit von der jährlichen Niederschlagssumme in $g/m^2 \cdot a$.

TSP_V = jährliche Trockensubstanzproduktion in Abhängigkeit von der wirklichen Jahresverdunstung in $g/m^2 \cdot a$.

T = mittlere Jahrestemperatur in $^{\circ}C$

N = Jahresniederschlagssumme in mm

V = wirkliche Jahresverdunstung in mm

Die Zahl 3000 steht für ein angenommenes, natürliches, großflächiges Produktionsmaximum von $3000 g/m^2 \cdot a$. Die ersten beiden Gleichungen (9 und 10) sind unter dem Namen "Miami-Modell" bekannt geworden, wobei immer der kleinere der beiden Werte (TSP_T oder TSP_N) für einen bestimmten Ort maßgebend ist. Die dritte Gleichung (11) trägt den Namen "Thorntwaite-Memorial-Modell", wobei neben der wirklichen Verdunstung V auch die potentielle Verdunstung V_p verwendet wird.

Die funktionellen Beziehungen zwischen der Trockensubstanzproduktion und den steuernden Klimaelementen Temperatur und Niederschlag sind in den Abb. 16 und 17 dargestellt.

In der Nebenskala zur Temperatur (Abb. 16) ist die Niederschlagshöhe angegeben, die herrschen sollte, um die potentielle Produktionshöhe zu erreichen (siehe hierzu auch die Tab. VI im Anhang). Eine tabellarische Übersicht dieses Zusammenhanges ist im Anhang, Tab. III, gegeben.

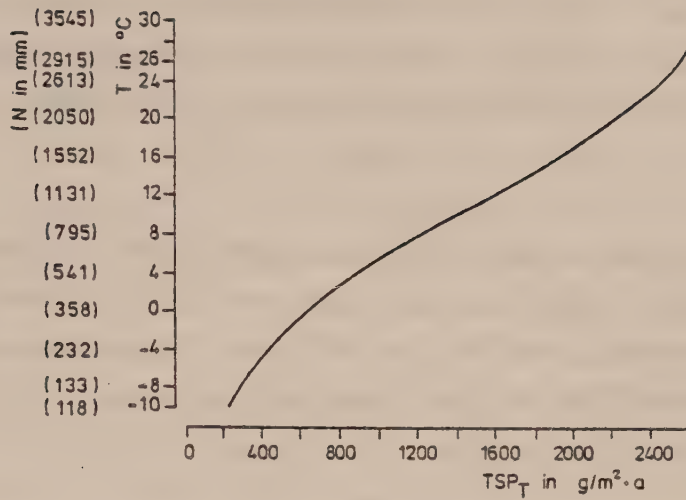


Abb. 16 Beziehung zwischen der Trockensubstanzproduktion TSP_T (g/m²·a) und der Lufttemperatur T (°C); nach Gleichung (9)

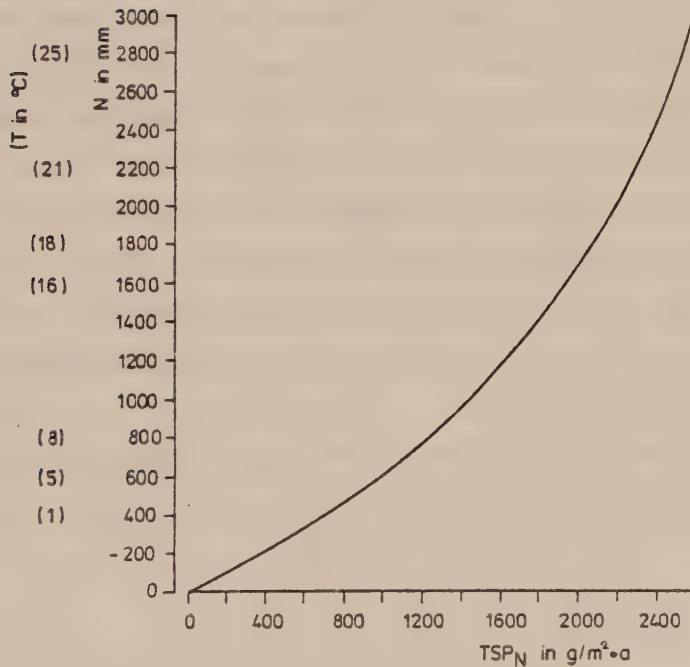


Abb. 17 Beziehung zwischen der Trockensubstanzproduktion TSP_N (g/m²·a) und der Niederschlagshöhe N (mm); nach Gleichung (10)

In der Nebenskala zur Niederschlagshöhe (Abb. 17) ist die Temperatur angegeben, die etwa herrschen sollte, damit die potentielle Produktionshöhe erreicht wird (siehe hierzu auch die Tab. VII im Anhang). Eine tabellarische Übersicht über diesen Zusammenhang ist im Anhang, Tab. IV, gegeben.

Obwohl vor allem, lokal gesehen, außer der Temperatur und dem Niederschlag noch andere Faktoren, wie Boden oder Dünger, eine wesentliche Rolle für die Pflanzenproduktion spielen, gibt LIETH (1974) für das "Miami-Modell" einen Vertrauensbereich von 60 % - 75 % an.

Da zusätzlich zur Abhängigkeit der wirklichen Verdunstung von den verschiedenen Klimaelementen die Beziehung zwischen Transpiration und Nettoassimilation nahezu linear ist - je größer die wirkliche Verdunstung, desto größer ist die Nettoassimilation -, sollte das "Thornthwaite-Memorial-Modell" exakter als das "Miami-Modell" sein.

Nach LIETH (1974) ist das "Thornthwaite-Memorial-Modell" erfolgreich für Nordamerika angewandt worden, wobei die Produktivitätskarten auch quantitativ ausgewertet wurden. In Mozambique wurde mit Hilfe des "Miami-Modells" versucht, die regionale Produktivitätssteigerung durch Veränderung des Wasserfaktors quantitativ vorherzusagen, nachdem das Wasser aus dem Cabora-Staudamm zur Verfügung stand (LIETH, 1974). HUBER (1975) für Chile und ENDERS (1979) für den Nationalpark Berchtesgaden (Bundesrepublik Deutschland) haben ebenfalls mit diesen Modellen Produktivitätskarten erstellt, wobei ENDERS zwischen der Produktion für Wald-, Busch- und Grünland unterscheidet.

4.1 Anwendung des "Miami-Modells"

Die jährliche Trockensubstanzproduktion in Abhängigkeit von der mittleren Jahrestemperatur nach der Gleichung (9) des "Miami-Modells" wurde für jeden Gitterpunkt berechnet und in Abb. 18 in Form von Isolinien dargestellt (siehe auch Tab. III im Anhang). Obwohl die Beziehung zwischen Temperatur und Pflanzenproduktion nicht linear ist (siehe Abb. 16), ergibt sich eine Produktionsverteilung, die ein ähnliches Aussehen hat wie die Verteilung der Temperatur (vgl. Abb. 5). Die Pflanzenproduktion nimmt ebenfalls von Süden nach Norden sowie von Osten nach Westen ab, wobei die Abnahme von Süden nach Norden größer ist als die von Osten nach Westen. Die Isolinien verlaufen im Osten fast breitenkreisparallel. Im Sinchuan-Bekken (ca. $2000 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$) ist die Produktivität dagegen höher als in gleicher geographischer Breite am Unterlauf des Jangtze Kiang (ca. $1800 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$). Das Maximum der berechneten Pflanzenproduktion mit $2400 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ ist bei Chanching im äußersten Süden zu finden, das Minimum mit $300 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ im Hochland von Zentraltibet. Ein sekundäres Minimum gibt es im äußersten Norden am Amur-Fluß.

Weiter erkennt man in Abb. 18, daß im Tarim-Becken aufgrund der Temperatur dieselbe Pflanzenproduktion zu erreichen ist wie in Peking und der nordchinesischen Tiefebene (ca. $1500 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$). Außerdem ist die innere mongolische Wüste mit der nordostchinesischen Tiefebene (ca. $1000 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$) vergleichbar.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß in China aufgrund der Temperaturverhältnisse eine hohe pflanzliche Produktivität möglich ist.

Dieselben Berechnungen wurden für die Gleichung (10) des "Miami-Modells" durchgeführt, und die Ergebnisse sind

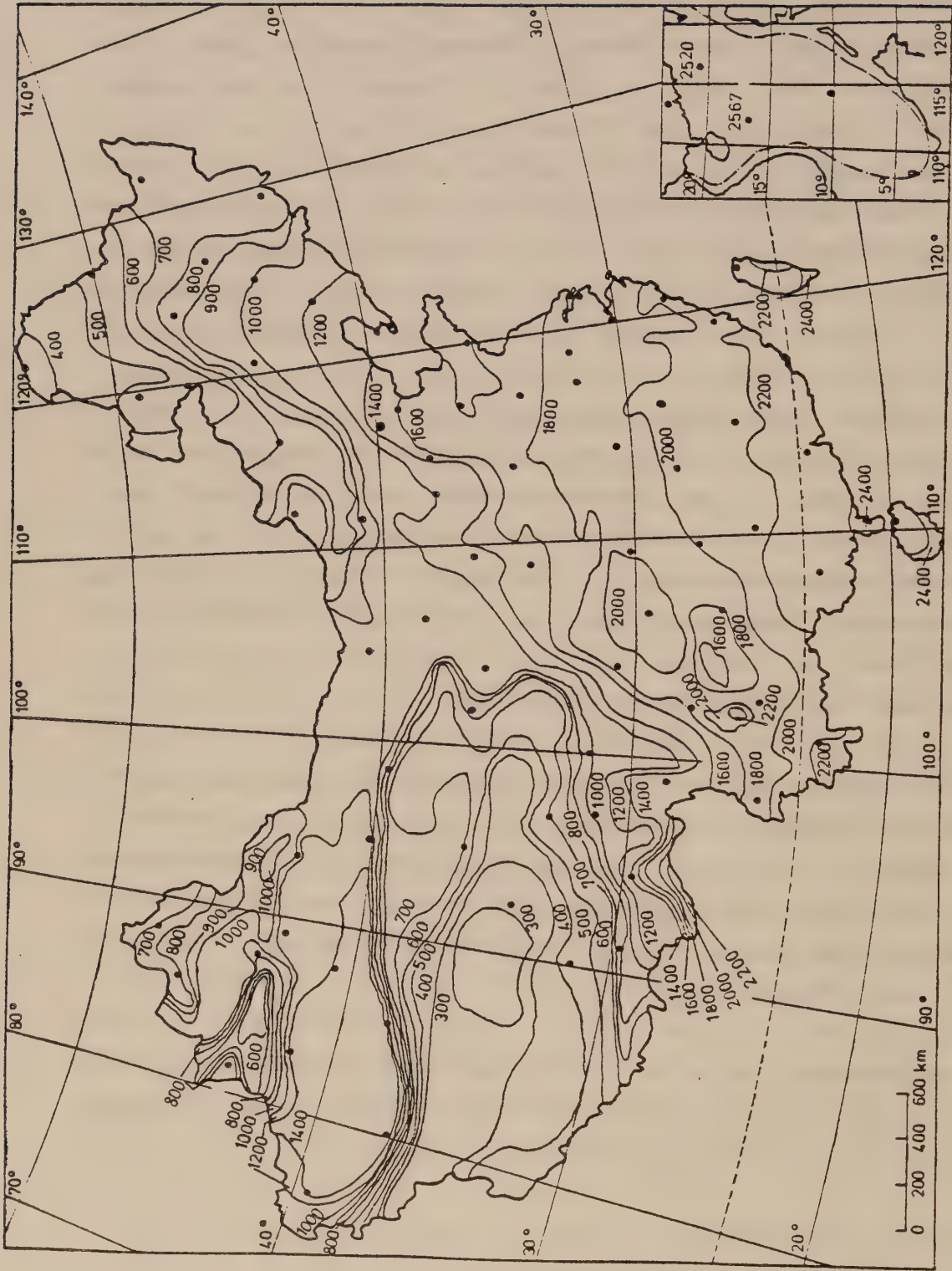


Abb. 18 Potentielle jährliche Trockensubstanzproduktion ($\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$) aufgrund der Temperaturverhältnisse in der V.R. China

in der Abb. 19 dargestellt (siehe auch Tab. IV im Anhang). Aufgrund der Niederschlagshöhen ergibt sich ebenfalls ein Anstieg der Primärproduktion von Nordwesten (Minimum ca. $0-25 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$) nach Südosten (Maximum ca. $2200 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$), wo demnach bezüglich des Niederschlags günstigste Bedingungen herrschen. Tieferere Werte als mit der Temperatur werden vor allem im Norden (Provinz Heilungkiang) und im Luv des Himalaya-Gebirges erreicht, d.h. dort wird die Pflanzenproduktion durch den Niederschlag beschränkt.

Die möglichen Steigerungsraten der Pflanzenproduktion einzelner Gebiete Chinas sind Tab. 3 zu entnehmen. Die Steigerungsraten liegen zwischen 5 % und 1200 %. So wäre zum Beispiel durch Bewässerung in den Trockengebieten eine Pflanzenproduktion zu erzielen, wie sie für das Einzugsgebiet des Jangtze Kiang errechnet wurde. Könnte man also den Jangtze Kiang von Südostchina nach Nordwestchina umleiten, würde die Wüste in Ackerland und Waldgebiete umgewandelt werden können.

4.2 Anwendung des "Thornthwaite-Memorial-Modells"

Das Ergebnis der Berechnung der potentiellen Trockensubstanzproduktion über die Gleichung (11) unter Benutzung der wirklichen Verdunstung (entsprechend Abb. 8) ist in der Abb. 20 enthalten; siehe hierzu auch die Daten im Anhang, Tab. V.

Da die hier verwendete "wirkliche Verdunstung" auf der Formel (5) von TURC (1954) basiert, die sich auf die Jahresmitteltemperatur und die Jahresniederschlagshöhe stützt, ist die Ähnlichkeit der Ergebnisse des "Miami-Modells" und des "Thornthwaite-Memorial-Modells" nicht überraschend. Diese Ähnlichkeit wird sowohl beim Vergleich der Abb. 20 und 21 als auch aus der Tab. 2 deutlich, in der die nach den verschiedenen Methoden berechneten Produktionen



Abb. 19 Potentielle jährliche Trockensubstanzproduktion ($\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$) aufgrund der Niederschlagsverhältnisse in der V.R. China

Tab. 2 Vergleich der berechneten potentiellen Pflanzenstoffproduktionen ($\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$) in der V.R. China nach den Gleichungen (9), (10) und (11)

Gebiete	TSP_T	TSP_N	TSP_{T+N}	TSP_V
Moho	<400	<700	<400	<400
Kleiner Khinganling	600-800	900-1000	600-800	600-700
Großer Khinganling	400-700	600-800	400-700	400-600
Shanziang-Ebene	700-800	900-1000	700-800	600-700
Zhangbaishan	700-1200	900-1400	700-1200	700-1000
Nordostchines. Tiefebene	700-1200	800-1200	700-1200	700-900
Innere mongolische Steppe	600-800	500-700	500-700	500-600
Nordchinesische Tiefebene	1500-1800	1000-1200	1000-1200	1000-1200
Lößplateau	1100-1600	800-1000	800-1000	700-1000
Qingling	1600-1800	1300-1400	1300-1400	1200-1300
Flußgebiet des Jangtze	1800-2000	1500-1800	1500-1800	1400-1600
Südlich von Nanling	2200-2400	2000-2200	2000-2200	1800-2000
Sichuanbecken	2000-2100	1400-1600	1400-1600	1300-1500
Yünan- und Kweichowplateau	1600-2000	1400-1600	1400-1600	1300-1500
Südlicher Teil von Yünan	2000-2300	1800-2100	1800-2100	1600-1900
Luv des Himalaya	1000-2100	1000-2100	1000-2100	900-1700
Östlicher Teil von Tibet	800-1100	800-1000	800-1000	700-900
Zentraltibet	300-500	50-200	50-200	50-200
Tarimbecken	800-1500	20-100	20-100	0-100
Tsaidambecken	700-800	50-100	50-100	0-100
Innere mongolische Wüste	1100-1200	100-200	100-200	100-200
Dsungarbecken	800-1000	200	200	200
Nördlicher Teil des Xinjiang	800-1100	600-700	600-700	500-600
Insel Tainan	2300-2400	2200-2600	2200-2400	2000-2100
Insel Hainan	2400	1800-2100	1600-2200	1900-2000
Insel im südchinesischen Meer	>2500	>1800	>1800	>1800

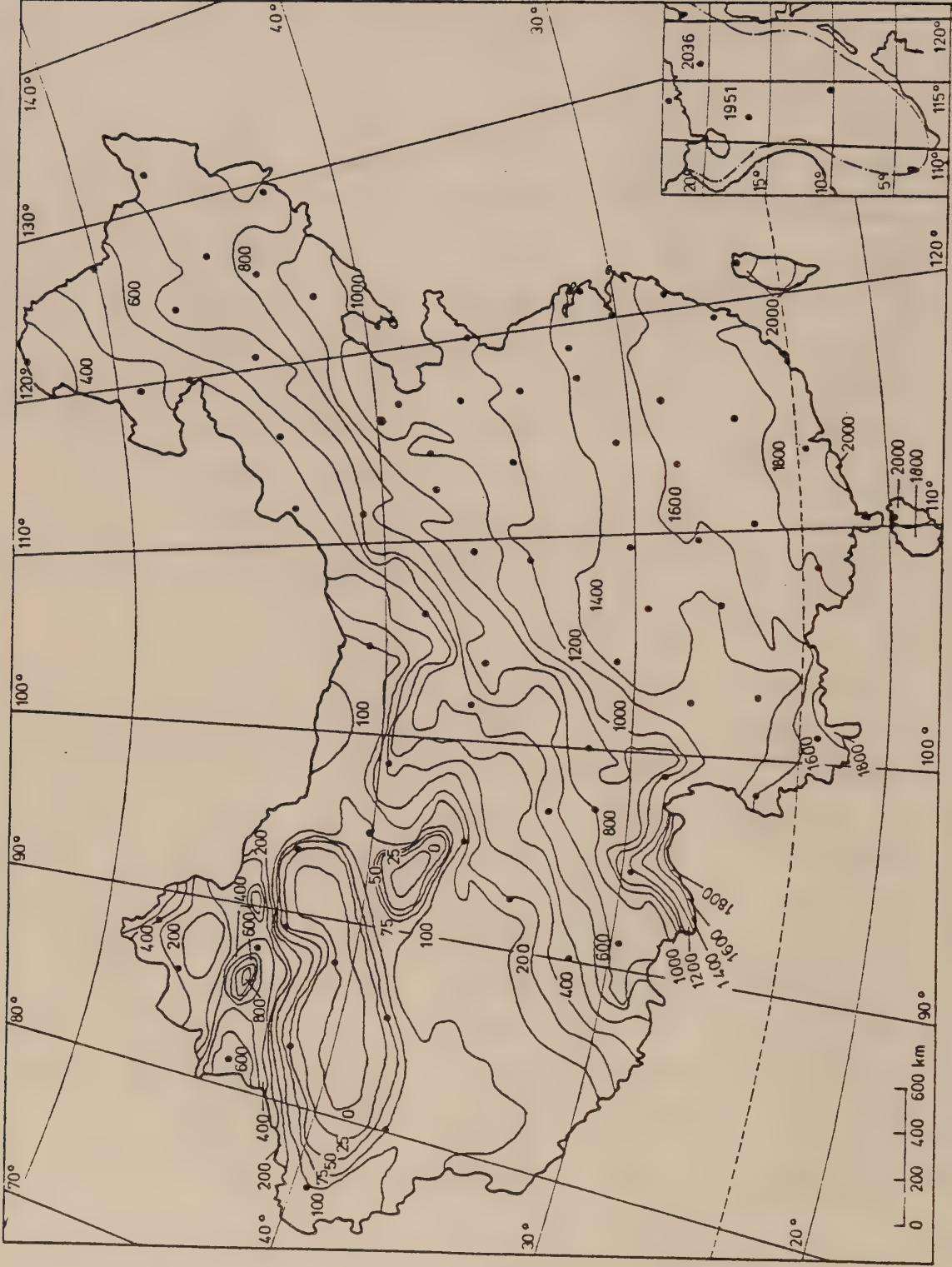


Abb. 20 Potentielle Trockensubstanzproduktion ($\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$) aufgrund der wirklichen Verdunstung in der V.R. China



Abb. 21 Potentielle Pflanzenproduktion ($\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$) aufgrund der potentiellen Verdunstung in der V.R. China

verglichen sind. Anhand der Abb. 21, in der die maximal mögliche Pflanzenstoffproduktion dargestellt wird, zeigt sich jedoch, daß die maximalen Werte südlich von Yünan, wie sie durch das "Miami-Modell" erzielt werden, bei Verwendung des "Thorntwaite-Modells" nicht auftraten.

Von besonderem Interesse ist, wie die Pflanzenstoffproduktion gesteigert werden kann, wenn der Fehlbetrag des Niederschlages durch Bewässerung soweit aufgefüllt wird, daß die wirkliche Verdunstung zur potentiellen Verdunstung anwächst. Die Abschätzung ist nach der Berechnung der Pflanzenproduktion mit Hilfe der Werte der potentiellen Verdunstung möglich, die für Abb. 6 nach der Thorntwaite-Verdunstungsformel (4) ermittelt wurde. Die maximal mögliche Pflanzenstoffproduktion, d.h. die Produktion bei immer ausreichendem Wasserangebot, vor allem über Bewässerung, ist aus der Abb. 21 zu ersehen.

Die möglichen Steigerungsraten ergeben sich aus der Differenz $TSP_{V_p} - TSP_V$ und die relative Steigerung ΔP berechnet sich zu jeweils:

$$\Delta P = 100 \cdot \left[TSP_{V_p} - TSP_V \right] / TSP_V. \quad (12)$$

Die möglichen Steigerungsraten der einzelnen Gebiete Chinas sowie die erforderlichen Bewässerungsmengen sind der Tab. 3 zu entnehmen.

Tab. 3 Mittlere Jahressummen von wirklicher Verdunstung V (in mm), potentieller Verdunstung V_p nach Thornthwaite (in mm), Bewässerungsmenge B (in mm), Pflanzenproduktionen TSP_V und TSP_p (jeweils in $g/m^2 \cdot a$) sowie Differenz Δ (sowohl in $g/m^2 \cdot a$ als auch in %) zwischen TSP_{V_p} und TSP_V

Ort	V	V_p	B	TSP_V	TSP_p	Δ	$\Delta \%$
Steppere mongolische	200-300	500-600	300	500-600	1100-1200	600	100-120
chinesische Ebene	400-600	700-800	200-300	1000-1300	1500-1600	400-500	40
Plateau	300-400	500-700	300	700-1000	1100-1400	400-500	40-50
gling und lho	500-700	700-900	200	1200-1400	1500-1700	300	20-25
Gebiet des gtze	700-800	800-900	100	1400-1600	1600-1700	100-200	7-13
lich des gtze bis ling	800-900	900-1000	100	1600-1800	1700-1900	100	5-6
lich von ling	900-1100	1000-1300	100-200	1800-2000	1900-2100	100	5-6
huanbecken	600-800	700-900	100	1300-1500	1500-1800	200-300	15-20
an-Kweichow-teau	600-700	800	100-200	1300-1500	1500-1600	100-200	7-13
licher Teil Tibet	300-500	500-600	100-200	700-900	1000-1300	300-400	43
imbecken	20-50	600-800	500-700	0-100	1400-1600	1400-1500	1400
idambecken	20-50	400-500	300-400	0-100	800-1000	800-900	800
ere mongolische Wüste	50-100	600-700	400-600	100-200	1300-1400	1200	600-1200
ngarbecken	100	700	600	200	1400-1500	1200-1300	600-650
dllicher Teil Xinjiang	100-200	600	400-500	500-600	1000-1200	500-600	100

5. KLASSEFİKATION DER V.R. CHINA NACH DER PFLANZEN-STOFFPRODUKTION

Die Einteilung Chinas in Pflanzenproduktionsgebiete wurde auf der Basis des "Thorntwaite-Memorial-Modells" unter Verwendung der wirklichen Verdunstung als Eingangsgröße (Abb. 20) vorgenommen. Eine solche Einteilung ist vor allem für die Land- und Forstwirtschaft vorteilhaft, da in diesen Gebieten jeweils annähernd gleiche Maßnahmen zur Erhöhung der Pflanzenproduktion getroffen werden müssen. Das Ergebnis dieser Einteilung geben Abb. 22 und Tab. 4 wieder.

5.1 Landesgliederung nach allgemeiner Produktion

- Jianguan

Dieses Gebiet, das beinahe den gesamten Südosten Chinas südlich des Jangtze Kiang umfaßt, hat zwar die größte Pflanzenproduktion ($> 1500 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$), ist aber mit einem Flächenanteil von 18 % nur das drittgrößte.

- Zhongyuan-Gebiet

Das Zhongyuan-Gebiet hat ungefähr dieselbe Größe wie das Jianguan-Gebiet. Es umfaßt die Hochebenen von Yünan und Kweichow und zieht sich über das Sichuan-Becken und das Quinling-Gebirge zur nordchinesischen Tiefebene hin. Die potentielle Pflanzenproduktion beträgt hier $1000 - 1500 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$.

- Dongxin

Dieses Gebiet, im wesentlichen ein 200 bis 1000 km breiter Streifen, der sich von Lhasa bis nach Nordostchina erstreckt, hat mit 28 % den größten Anteil an der Fläche Chinas. Die potentielle Pflanzenproduktion beträgt hier $500 - 1000 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$.



Abb. 22 Einteilung der V.R. China in Pflanzenproduktionsgebiete

- Caohuang

Der größte Teil dieses Gebietes, das mit 15 % Flächenanteil das kleinste ist, zieht sich als 100 bis 400 km breiter Streifen von Moho über die innere mongolische Steppe/Wüste nach Südwesttibet. Der kleinere Teil umfaßt das Dsungar-Becken. Im Caohuang-Gebiet kann nur an wenigen Orten Land- und Forstwirtschaft betrieben werden. Die potentielle Pflanzenproduktion ist sehr gering ($200-500 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$).

- Huangyan

Das nach dieser Einteilung zweitgrößte Gebiet beinhaltet das Tarim- und Tsaidam-Becken und das Hochland von Zentraltibet. Die potentielle Pflanzenproduktion beträgt hier unter $200 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$.

Tab. 4 Die potentiellen Pflanzenstoffproduktionen in der V.R. China, bezogen auf die wirkliche Verdunstung

Nummer	Gebiet	Bereiche der Produktion		Fläche in China
	Name	$\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$	$\text{t/ha} \cdot \text{a}$	%
1	Jianguan	> 1500	15	18
2	Zhongyuan	1000-1500	10-15	17
3	Dongxin	500-1000	5-10	28
4	Caohuang	200- 500	2- 5	15
5	Huangyan	< 200	2	22

5.2 Getreideproduktion

Zur Abschätzung der GETREIDEPRODUKTION in diesen fünf Pflanzenproduktionsgebieten wurde angenommen, daß diese die Hälfte der Trockensubstanzproduktion ausmacht:

$$G = 0.5 \cdot \text{TSP}_V. \quad (13)$$

Entsprechende Daten sind in den Tab. 5 bis 10 enthalten.

5.3 Holzproduktion

Der Abschätzung der HOLZPRODUKTION wurde vom Autor folgende Gleichung zugrunde gelegt:

$$H = \frac{0.6 \cdot TSP_V \cdot (1 + \frac{Mg}{100})}{Wg} \quad (14)$$

- mit:
- H = Holzproduktion in m³/ha·a
 - TSP_V = Trockensubstanzproduktion in kg/ha·a
 - Mg = Wassergehalt des Holzes (relativ zu Sg) in %
(nach Untersuchungen an 93 Baumarten in China beträgt der durchschnittliche Wassergehalt ca. 100 % von Sg)
 - Wg = Holzgewicht bei bestimmtem Wassergehalt pro Festmeter in kg/m³
= 1000 · Sg · (1 + Mg/100) (s. INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG, 1976)
 - Sg = Trockenholzgewicht in g/cm³
(nach Untersuchungen an 207 Baumarten in China ist das durchschnittliche Trockenholzgewicht 0.5 g/cm³)

Der Faktor 0.6 gibt das durchschnittliche Verhältnis von Stammholzgewicht zu Gesamtgewicht (einschl. Blätter, Äste, Zweige, Wurzeln) an.

Die mit diesen Annahmen berechneten Getreide- und Holzproduktionen sind in den Tab. 5 bis 10 zusammen mit den entsprechenden Klimabedingungen und Trockensubstanzproduktionen enthalten.

5.4 Produktivität der Verdunstung

Als "Produktivität der Verdunstung" (= L_W) wird hier in allgemeiner Form der Quotient aus Evapotranspiration V und Trockensubstanzproduktion TSP_V bezeichnet:

$$L_W = \frac{V}{TSP_V} \quad (15)$$

Bezogen auf die reine Getreidemasseproduktion ändert sich diese Gleichung unter Einbeziehung von Gleichung (13) zu:

$$L_{WG} = \frac{V}{G} , \quad (15a)$$

bezogen auf die Holzvolumenproduktion, unter Einbeziehung von Gleichung (14) zu:

$$L_{WH} = \frac{V}{H} . \quad (15b)$$

Dieses Verhältnis gibt also an, wieviel Wasser verdunstet werden muß, um eine bestimmte Menge an Trockensubstanz zu erzeugen. Obwohl nicht die Evapotranspiration, sondern der physiologische Vorgang der Transpiration sehr eng mit der Stoffproduktion gekoppelt ist (POLSTER, 1950), wurde hier für diese großflächige Betrachtung die Evapotranspiration verwendet. Die berechneten Werte von L_W (siehe hierzu Tab. 6) sind deshalb wahrscheinlich zu groß, aber in Ermangelung besserer Daten mußte damit vorliebgenommen werden.

5.5 Nutzeffekt der Globalstrahlung

Der für die jeweilige Stoffproduktion verfügbare Teil der Globalstrahlung ist in den Tab. 7 bis 10 angegeben, wobei folgende Beziehungen zugrunde gelegt wurden:

$$\text{allgemein: } S = \frac{TSP \cdot b}{Q} \cdot 100 \% \quad (16)$$

$$\text{für Getreide: } S_G = \frac{0.5 \cdot 4.1 \cdot TSP}{Q} \cdot 100 \% = \frac{2.05 \cdot TSP}{Q} \cdot 100 \% \quad (17)$$

$$\text{für Holz: } S_H = \frac{0.6 \cdot 4.7 \cdot TSP}{Q} \cdot 100 \% = \frac{2.82 \cdot TSP}{Q} \cdot 100 \% \quad (18)$$

mit: S , S_G und S_H = Nutzeffekt der Trockensubstanzproduktion an der Globalstrahlung in %

b = Faktor (für Getreide : $b = 4.1$ kcal/g
für Holz : $b = 4.7$ kcal/g)

TSP = Trockensubstanzproduktion in g/ha·a

Q = Globalstrahlung in kcal/ha·a

Tab. 5 Jahresmittel bzw. Jahressummen der Klimaparameter und Pflanzenproduktion in den verschiedenen Gebieten der V.R. China

Gebiet		Jiangnan	Zhongyuan	Dongxin	Caohuang	Huangyan
Klima-	Q kcal/m ² ·a	90-120	80-140	110-150	130-200	140-240
bedin-	T (°C)	15	8-15	(-3)-(+8)	(-6)-(+4)	(-8)-(+10)
gung	N (mm)	1100	600-1100	300-1100	100-300	100
	V (mm)	700	400-700	200-800	100-200	100
Produktion an Trocken-	g/m ² ·a	1500	1000-1500	500-1000	200-500	200
substanz	t/ha·a	15	10-15	5-10	2-5	2
Ökono-	Getreide t/ha·a	7.5-10.5	5.0-7.5	2.5-5.0	1.0-2.5*	-
	Mittel t/ha·a	9.0	6.25	3.75	1.75*	-
mische	Holzvorrat m ³ /ha·a	18.0-25.2	12-18	6-12	1.4-6.0*	-
Produktion	Mittel m ³ /ha·a	21.6	15	9	4.2*	-

Q: Globalstrahlung

T: Lufttemperatur

N: Niederschlagsmenge

V: wirkliche Verdunstung

*: nur für einen Teil des Gebietes

Tab. 6 Leistungsfähigkeit der Verdunstung in der V.R. China

	Gebiete			
	Jianguan	Zhongyuan	Dongxin	Caojuang
V (mm/a)	700-1200	400- 700	200- 500	100-200
TSP _V (g/m ² ·a)	1500-2100	1000-1500	500-1000	200-500
L _W allgemein (in g/g)	{ Bereich 467- 571 { Mittel 519	{ 400- 400 434	{ 400- 500 450	{ 400-500 450
L _{WG} für Getreide (in t/t)	{ Bereich 0.93-1.14 { Mittel { 1.06 (.10 ³)	{ 0.80-0.93 0.88	{ 0.80-1.00 0.93	{ 1.0-0.8 [*] 0.86 [*]
L _{WH} für Holz (in t/m ³)	{ Bereich 0.39-0.48 { Mittel { 0.44 (.10 ³)	{ 0.33-0.39 0.37	{ 0.33-0.42 0.39	{ 0.33-0.42 [*] 0.36

L_W : Leistungsfähigkeit der Verdunstung

* : nur in einigen Gebieten Getreide- und Holzproduktion möglich

Tab. 7 Nutzeffekt der Sonnenenergie für die Pflanzenproduktion in der V.R. China

Gebiet	Globalstrahlung Q ($10^9 \cdot \text{kcal/ha} \cdot \text{a}$)	Produktion TSP _V ($10^6 \cdot \text{g/ha} \cdot \text{a}$)	Nutzeffekt der Sonnenenergie			
			Landwirtschaft		Forstwirtschaft	
			Energie TSP _V ·b ($10^6 \cdot \text{kcal/ha} \cdot \text{a}$)	Nutzeffekt S (%)	Energie TSP _V ·b ($10^6 \cdot \text{kcal/ha} \cdot \text{a}$)	Nutzeffekt S (%)
Jiangnan	9-14	15-21	61.5-86.1	0.65	70.5-98.7	0.75
Zhongyuan	8-14	10-15	41.0-61.5	0.48	47.0-70.5	0.55
Dongxin	11-15	5-10	20.5-41.0	0.23	23.5-47.0	0.26
Caohuang	13-20	2-5	8.2-20.5	0.88	9.4-23.5	0.10
Huangyan	14-24	< 2	-	-	-	-

Tab. 8 Nutzeffekt der Sonnenenergie für Land- und Forstwirtschaft in der
V.R. China

Gebiet	G e t r e i d e			H o l z			Nutzeffekt S_H (%)
	TSP (t/ha·a)	0.5·TSP·b (10^6 ·kcal/ha·a)	Nutzeffekt S_G (%)	H (m^3 /ha·a)	TSP (t/ha·a)	0.6·TSP·b (10^6 ·kcal/ha·a)	
Jiangnan	7.5-10.5	30.8-43.1	0.33	18.0-25.2	9.0-12.6	42.3-59.2	0.45
Zhongyuan	5.0-7.5	20.5-30.8	0.24	12.0-18.0	6.0-9.0	28.2-42.3	0.33
Dongxin	2.5-5.0	10.3-20.5	0.12	6.0-12.0	3.0-6.0	14.1-28.2	0.16
Caohuang	1.0-2.5	4.1-10.3	0.04	2.4-6.0	1.2-3.0	5.6-14.1	0.06
Huangyan	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 9 Maximaler Nutzeffekt der Sonnenenergie für die Pflanzenproduktion in der V.R. China

Gebiet	Landwirtschaft			Forstwirtschaft		
	T S P (g/m ² ·a)	V _p (t/ha·a)	0.5·TSP _v ·b (10 ⁶ ·kcal/ha·a)	Nutzeffekt S _G (%)	0.6·TSP _v ·b (10 ⁶ ·kcal/ha·a)	Nutzeffekt S _H (%)
Jiangnan	1600-2500	16-25	65.6-102.5	0.73	75.2-117.5	0.84
Zhongyuan	1400-1600	14-16	57.4-65.6	0.60	65.8-75.2	0.68
Dongxin	800-1400	8-14	32.8-57.4	0.34	37.6-65.8	0.39
Caohuang	600-1400	6-14	24.6-57.4	0.24	28.2-65.8	0.28
Huangyan	600-1600	6-14	24.6-65.6	0.23	28.2-75.2	0.26

Tab. 10 Maximaler Nutzeffekt der Sonnenenergie für Land- und Forstwirtschaft
in der V.R. China

Gebiet	G e t r e i d e			H			z	
	TSP_{VP} (t/ha·a)	Mittelwert von TSP_{VP} (t/ha·a)	Nutzeffekt S_p (%)	H (m ³ /ha·a)	TSP_{VP} (t/ha·a)	Mittelwert von H (m ³ /ha·a)	S_p (%)	
Jiangnan	8.0-12.5	10.25	0.36	19.2-30.0	9.6-15.0	24.6	0.50	
Zhongyuan	7.0-8.0	7.50	0.30	16.8-19.2	8.4-9.6	18.0	0.41	
Dongxin	4.0-7.0	5.50	0.17	9.6-16.8	4.8-8.4	13.2	0.24	
Caohuang	3.0-7.0	5.00	0.12	7.2-16.8	3.6-8.4	12.0	0.17	
Huangyan	3.0-8.0	5.50	0.12	7.2-19.2	3.6-9.6	13.2	0.16	

Der Prozentsatz des Nutzeffektes der Trockensubstanzproduktion an der Globalstrahlung bei der gesamten forstwirtschaftlichen Produktion liegt demnach immer über dem vergleichbaren der gesamten landwirtschaftlichen Produktion; jedoch kann in China nie mehr als etwa 1 % der Globalstrahlung zur Pflanzenproduktion ausgenutzt werden (vgl. Tab. 7 und Tab. 9). Ebenso liegt dieser Nutzeffekt bei der reinen Holzproduktion höher als bei der reinen Getreideproduktion (vgl. Tab. 8 und Tab. 10). Diese Nutzeffekte der reinen Stoffproduktion sind jedoch immer geringer als die der gesamten Stoffproduktion. Durch Bewässerung (potentielle Verdunstung) läßt sich die Ausnutzung der Globalstrahlung zur Pflanzenproduktion (Sp) nur wenig steigern (vgl. Tab. 7 und 8 mit Tab. 9 und 10).

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen eine starke Differenzierung der Produktionsbedingungen für Nahrungsmittel in der V.R. China, die sich zwar mit den Erfahrungen weitgehend deckt, aber hinsichtlich der berechneten Werte durch systematische Erhebungen im Lande überprüft werden muß. Insbesondere müssen die theoretischen Daten der Trockensubstanzproduktion mit den Werten von Felderhebungen verglichen werden. Dies war beabsichtigt, aber wegen fehlender Unterlagen bisher nur teilweise (Tab. IX im Anhang) möglich. Schließlich ist der zur Produktionssteigerung erforderliche Wasserbedarf anhand der sicherlich in China vorhandenen Messungen der hydrologischen und agrarmeteorologischen Dienste zu verifizieren.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- Albrecht, D.; v. Dewitz, U.; Goedecke, M.K.; Muggenburg, N.;
Schneider, T. (1980) : Landnutzungsplanung in China.
Oberbaumverlag, Berlin
- Baumgartner, A. (1971a) : Einfluß energetischer Faktoren
auf Klima, Produktion und Wasserumsatz in bewaldeten
Einzugsgebieten. IUFRO-Konf. Gainesville, USA,
S. 34
- Baumgartner, A. (1971b) : Der Wald als Austauschfaktor
in der Grenzschicht Erde/Atmosphäre. Forstw. Cbl. 90,
S. 174-182
- Baumgartner, A.; Matsuda, M. (1975) : Ökosystematische
Simulation des Nutzeffektes der Sonnenenergie für
Wälder. Forstw. Cbl. 94, S. 89-104
- Baumgartner, A.; Reichel, E. (1975) : Die Weltwasserbilanz.
R. Oldenbourg Verlag, München
- Baumgartner, A. (1978) : Klimatische Funktionen der Wälder.
Ber. Landw. 55, S. 708-717
- Baumgartner, A. (1982) : Wald und Biosphäre. Allgemeine
Forst-Ztg. Heft 37, S. 615-621
- Budyko et al. (1977) : Atlas of World Water Balance. UdSSR
National Committee for the international Hydrological
Decade UNESCO Paris
- Enders, G. (1979) : Theoretische Topoklimatologie. National-
park Berchtesgaden, Forschungsberichte, S. 70-73
- He Qingtang (1961) : Transpiration eines Kiefernwaldes.
Forschungsberichte der Forstw. Fakultät der Univ.
Peking
- He Qingtang (1964) : Energiebilanz in einem Lärchenbestand
in Nordostchina. Agrarmeteorologische Konferenz Chinas
1964. Ber. der Forstw. Fakultät der Univ. Peking
- He Qingtang (1979) : Meteorologie. Lehrbuch der Forstwissen-
schaftlichen Fakultät. Forstw. Verlag Peking, S. 152-
170

- He Qingtang (1980a): Energiehaushalt des Waldökosystems.
Komplex-Untersuchung der Akademie Chinas, S. 64-71
- He Qingtang (1980b): The heat balance in forest stands.
Forstw. Chinas, Heft 1, S. 24-33
- He Qingtang (1981) : Klima und forstwirtschaftliche Produktion in Peking, Peking Forst-Ztg., S. 9-17
- Huber, A. (1975) : Beitrag zur Klimatologie und Klimaökologie von Chile. Dissertation Forstw. Fak., München, S. 67-77
- Institut für Holzforschung (1976) : Handbuch der Holzproduktion in China, Jiangshi Provinz, China
- Keller, R. (1961) : Gewässer- und Wasserhaushalt des Festlandes. Eine Einführung in die Hydrogeographie. Berlin, Leipzig
- Landwirtschaftsministerium China (1985) : Landwirtschaftliches Jahrbuch von China. Landwirtschaftsverlag. S. 143-150
- Liebig, J. v. (1862) : Briefe von Justus von Liebig (Archiv)
- Lieth, H. (1974) : Basis und Grenze für die Menschheitsentwicklung. Stoffproduktion der Pflanzen, Umschau 74, Heft 6, S. 169-174
- Polster, H. (1950) : Die physiologischen Grundlagen der Stofferzeugung im Walde. Untersuchungen über Assimilation, Respiration und Transpiration unserer Hauptholzarten. München
- Thornthwaite, C.W. (1948) : An approach towards a rational classification of climate. Geograph. Rev. 38, S. 55-94
- Turc, L. (1954) : Le bilan d'eau des sols. Relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. Ann. Agron. 5
- Whittaker, R.H.; Likens, G.E. (1973) : The Biosphere and Man. Journal of Human Ecology
- Zentraler Wetterdienst Chinas (1978) : Klimaatlas der V.R. China. Peking
- Zhu Kozhen (1979) : Einige Eigenschaften des Klimas in China und Getreideproduktion. Zhu Kozhen Werk, S. 455-465

8. VERZEICHNISSE

8.1 Abbildungen

- Abb. 1 Topographie der V.R. China
- Abb. 2 Oberflächenformen und Landschaftsgliederung der V.R. China
- Abb. 3 Einteilung der V.R. China in ein äquidistantes Gitternetz
- Abb. 4 Verteilung der jährlichen Niederschlagshöhen (mm) in der V.R. China
- Abb. 5 Verteilung der Jahresmittel der Lufttemperaturen ($^{\circ}\text{C}$) in der V.R. China
- Abb. 6 Verteilung der jährlichen potentiellen Verdunstung (mm) in der V.R. China
- Abb. 7 Nomogramm zur Bewertung der realen Verdunstung nach der Formel von TURC (1954)
- Abb. 8 Verteilung der wirklichen jährlichen Verdunstungshöhen (mm) in der V.R. China
- Abb. 9 Verteilung der mittleren Summe der potentiellen Bewässerungshöhe (mm) = $V_p - V$ in der V.R. China
- Abb. 10 Verteilung des Jahresmittels des Verdunstungsquotienten V/V_p (aus wirklicher Verdunstung V zur potentiellen Verdunstung V_p) in der V.R. China
- Abb. 11 Verteilung des Jahresmittels des Trockenheitsindex V_p/N in der V.R. China
- Abb. 12 Klimazonen in China aufgrund des Trockenheitsindex V_p/N
- Abb. 13 Verteilung der mittleren Jahressumme der Abflußhöhe (mm) in der V.R. China
- Abb. 14 Verteilung des mittleren jährlichen Abflußkoeffizienten A/N in der V.R. China
- Abb. 15 Verteilung der jährlichen Globalstrahlung ($\text{kcal}/\text{cm}^2 \cdot \text{a}$) in der V.R. China

- Abb. 16 Beziehung zwischen der Trockensubstanzproduktion TSP_T ($g/m^2 \cdot a$) und der Lufttemperatur T ($^{\circ}C$); nach Gleichung (9)
- Abb. 17 Beziehung zwischen der Trockensubstanzproduktion TSP_N ($g/m^2 \cdot a$) und der Niederschlagshöhe (mm); nach Gleichung (10)
- Abb. 18 Potentielle jährliche Trockensubstanzproduktion ($g/m^2 \cdot a$) aufgrund der Temperaturverhältnisse in der V.R. China
- Abb. 19 Potentielle jährliche Trockensubstanzproduktion ($g/m^2 \cdot a$) aufgrund der Niederschlagsverhältnisse in der V.R. China
- Abb. 20 Potentielle Trockensubstanzproduktion aufgrund der wirklichen Verdunstung in der V.R. China
- Abb. 21 Potentielle Pflanzenproduktion ($g/m^2 \cdot a$) aufgrund der potentiellen Verdunstung in der V.R. China
- Abb. 22 Einteilung der V.R. China in Pflanzenproduktionsgebiete

8.2 Tabellen

- Tab. 1 Klimaklassifikation der V.R. China nach Trockenheitsindex V_p/N und mittlerer jährlicher Niederschlagshöhe N
- Tab. 2 Vergleich der berechneten potentiellen Pflanzenstoffproduktionen ($\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$) in der V.R. China nach den Gleichungen (9), (10) und (11)
- Tab. 3 Mittlere Jahressummen von wirklicher Verdunstung V (in mm), potentieller Verdunstung V_p nach Thornthwaite (in mm), Bewässerungsmenge B (in mm), Pflanzenproduktionen TSP_V und TSP_p (jeweils in $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$) sowie Differenz (sowohl in $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ als auch in %) zwischen TSP_V und TSP_p
- Tab. 4 Die potentiellen Pflanzenstoffproduktionsgebiete in der V.R. China, bezogen auf die wirkliche Verdunstung
- Tab. 5 Jahresmittel bzw. Jahressummen der Klimaparameter und Pflanzenproduktion in den verschiedenen Gebieten der V.R. China
- Tab. 6 Leistungsfähigkeit der Verdunstung in der V.R. China
- Tab. 7 Nutzeffekt der Sonnenenergie für die Pflanzenproduktion in der V.R. China
- Tab. 8 Nutzeffekt der Sonnenenergie für Land- und Forstwirtschaft in der V.R. China
- Tab. 9 Maximaler Nutzeffekt der Sonnenenergie für die Pflanzenproduktion in der V.R. China
- Tab. 10 Maximaler Nutzeffekt der Sonnenenergie für Land- und Forstwirtschaft in der V.R. China

8.3 Symbole im Text

A	: mittlerer jährlicher Abfluß in mm
a	: kubische Funktion von I
B	: Bewässerung in mm
b	: Konstante: für Forstwirtschaft in China: 4.7 kcal/g
E	: Evaporation in mm für Landwirtschaft in China: 4.1 kcal/g
F	: eine Anpassung bezüglich Monatslänge und potentieller Sonnenscheindauer in Abhängigkeit von der geographischen Breite
G	: jährliche Getreideproduktion in $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ oder in $\text{t/ha} \cdot \text{a}$
H	: jährliche Holzproduktion in $\text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{a}$
I	: Jahressumme des monatlichen Wärmeindex oder Interzeptionsverdunstung in mm
I_T	: Trockenheitsindex
i	: monatlicher Wärmeindex
K	: Abflußkoeffizient
L	: maximale Verdunstung in mm
L_W	: Leistungsfähigkeit der Verdunstung für Pflanzen in g/g
L_{WG}	: Leistungsfähigkeit der Verdunstung bezogen auf den Getreideertrag in t/t
L_{WH}	: Leistungsfähigkeit der Verdunstung bezogen auf den Holzertrag in t/m^3
Mg	: Wassergehalt des Holzes in %
N	: mittlere jährliche Niederschlagssumme in mm
ΔP	: relative Steigerungsrate der Pflanzenproduktion
Q	: Globalstrahlung in $\text{kcal/cm}^2 \cdot \text{a}$
S	: Nutzeffekt der Sonnenenergie für Pflanzenproduktion in %
S_G	: Nutzeffekt der Sonnenenergie für Getreideproduktion in %
S_H	: Nutzeffekt der Sonnenenergie für Holzproduktion in %

S_p	:	Nutzeffekt der Sonnenenergie für höchste Pflanzenproduktion in %
ΔS	:	Änderung des Speichers in mm
S_g	:	Trockenholzgewicht in g/cm^3
T	:	mittlere jährliche Lufttemperatur in $^{\circ}C$
	:	Transpiration in mm
TSP_N	:	jährliche Pflanzenproduktion an Trockensubstanz in Abhängigkeit von der mittleren jährlichen Niederschlagssumme in $g/m^2 \cdot a$
TSP_T	:	jährliche Pflanzenproduktion an Trockensubstanz in Abhängigkeit von der mittleren Jahrestemperatur in $g/m^2 \cdot a$
TSP_V	:	jährliche Pflanzenproduktion an Trockensubstanz in Abhängigkeit von der mittleren jährlichen Verdunstung in $g/m^2 \cdot a$
TSP_{T+N}	:	jährliche minimale Pflanzenproduktion an Trockensubstanz in Abhängigkeit von der Temperatur und dem Niederschlag in $g/m^2 \cdot a$
TSP_{V_p}	:	jährliche Pflanzenproduktion an Trockensubstanz in Abhängigkeit von der potentiellen Verdunstung in $g/m^2 \cdot a$
t_m	:	Monatsmittel der Lufttemperatur in $^{\circ}C$
V	:	mittlere jährliche Verdunstung (Evapotranspiration) in mm
V_p	:	jährliche potentielle Verdunstung (Evapotranspiration) in mm
W_g	:	Holzgewicht beim Wassergehalt in kg/m^3
Δ	:	$TSP_{V_p} - TSP_V$ in $g/m^2 \cdot a$ bzw. in %

9. TABELLENANHANG

- Symbolverzeichnis:

A	: jährliche Abflußhöhe in mm/a
B	: Bewässerungsmenge in t/ha
I_T	: Trockenheitsindex
K	: Quotient A/N
KV	: Quotient V/N
N	: jährliche Niederschlagssumme in mm/a
T	: jährliche mittlere Lufttemperatur in °C
TSP	: potentielle Pflanzenproduktion an Trockensubstanz in $g/m^2 \cdot a$
V	: jährliche wirkliche Verdunstung in mm/a
V_p	: jährliche potentielle Verdunstung in mm/a

Tab.	I	Wasserhaushalt in China
Tab.	II	Bewässerungsmenge B in China
Tab.	III	Beziehung zwischen der Lufttemperatur T und der potentiellen Pflanzenproduktion TSP_T
Tab.	IV	Beziehung zwischen dem Niederschlag N und der potentiellen Pflanzenproduktion TSP_N
Tab.	V	Beziehung zwischen der wirklichen Verdunstung V und der potentiellen Pflanzenproduktion TSP_V
Tab.	VI	Beziehung zwischen der Lufttemperatur T sowie dem Niederschlag N und der potentiellen Pflanzenproduktion TSP_T
Tab.	VII	Beziehung zwischen dem Niederschlag N sowie der Lufttemperatur T und der potentiellen Pflanzenproduktion TSP_N
Tab.	VIII	Potentielle Pflanzenproduktion an Trockensubstanz in China
Tab.	IX	Produktivität des Getreides in China

Tab. I Wasserhaushalt in China

ORT	T °C	N mm/a	V _p mm/a	V mm/a	KV	A mm/a	K	I _T
Moho	-5.0	390	456	156	0.4	234	0.6	1.2
Aihun	-2.6	490	510	213	0.4	277	0.6	1.0
Hailar	-2.3	350	485	202	0.4	148	0.6	1.4
Manchouli	-0.1	240	520	192	0.8	48	0.2	2.2
Tsitsihar	2.1	480	573	289	0.6	191	0.4	1.2
Nunkiang	-1.0	480	520	241	0.5	239	0.5	1.1
Kiamusze	2.0	570	575	302	0.5	268	0.5	1.0
Harbing	3.2	540	608	316	0.6	224	0.4	1.1
Changchun	5.0	590	626	354	0.6	236	0.4	1.1
Ulanhat	4.3	370	617	283	0.8	87	0.2	1.7
Yenki	4.0	550	576	331	0.6	219	0.4	1.0
Shenyang	7.4	720	658	420	0.6	300	0.4	0.9
Tungliao	5.8	390	645	304	0.8	86	0.2	1.7
Silinhat	1.0	270	536	214	0.8	56	0.2	2.0
Chihfeng	6.5	400	636	315	0.8	85	0.2	1.6
Chinchow	9.0	570	689	410	0.7	160	0.3	1.2
Yinkow	8.1	710	670	432	0.6	278	0.4	0.9
Tantung	7.9	1030	640	470	0.5	560	0.5	0.6
Luta	9.3	750	666	463	0.6	287	0.4	0.9
Shanhaikwan	9.0	670	696	439	0.7	231	0.3	1.0
Changkiakow	6.1	440	611	327	0.7	113	0.3	1.4
Peking	10.2	710	757	471	0.7	239	0.3	1.1
Tientsin	12.1	590	780	462	0.8	128	0.2	1.3
Shikiachwang	12.3	570	779	456	0.8	114	0.2	1.4
Taiyuan	8.4	470	611	346	0.7	124	0.3	1.3
Tatung	6.2	490	606	346	0.7	144	0.3	1.2
Erhlinhat	4.0	160	583	155	1.0	5	0.0	3.6
Huhehat	4.0	410	550	294	0.7	116	0.3	1.3
Paotow	4.5	400	609	296	0.7	104	0.3	1.5
Litsing	12.1	550	787	444	0.8	106	0.2	1.4
Tsingtao	11.8	690	745	495	0.7	195	0.3	1.1
Teinan	11.9	710	789	503	0.7	207	0.3	1.1
Linfen	9.9	590	697	430	0.7	160	0.3	1.2
Yinchuan	8.1	270	642	250	0.9	20	0.1	2.4
Tengkow	6.3	140	652	140	1.0	0	0.0	4.7
Yulin	7.5	420	641	333	0.8	87	0.2	1.5
Yünan	9.0	610	657	422	0.7	188	0.3	1.1
Sian	12.3	590	746	465	0.8	125	0.2	1.3
Paoki	12.1	720	720	510	0.7	210	0.3	1.0
Tienshui	10.1	570	646	425	0.7	145	0.3	1.1
Kuyuan	5.9	510	564	348	0.7	162	0.3	1.1
Lanchow	8.0	460	631	356	0.8	104	0.2	1.4
Mintsin	6.6	190	630	184	1.0	6	0.0	3.3
Heicheng	7.5	47	721	47	1.0	0	0.0	15.3
Sining	4.2	310	489	255	0.8	55	0.2	1.6
Kueiteh	-0.1	500	403	259	0.5	241	0.5	0.8
Dunhuang	9.0	50	704	50	1.0	0	0.0	14.1
Kiayukuan	5.8	140	592	140	1.0	0	0.0	4.2
Kiuchuan	6.5	100	627	100	1.0	0	0.0	6.3
Dachaidan	2.2	40	486	40	1.0	0	0.0	12.1
Chayu	12.5	1700	808	660	0.4	1040	0.6	0.5
Linzhi	14.0	690	659	495	0.7	195	0.3	1.0
Lhasa	3.9	530	517	325	0.6	205	0.4	1.0
Shigatse	3.0	270	328	226	0.8	44	0.2	1.2
Laqu	-1.0	490	342	242	0.5	248	0.5	0.7
Yushu	-0.1	500	428	259	0.5	241	0.5	0.9
Shizuanho	0.1	70	363	70	1.0	0	0.0	5.2
Punan	-2.5	75	330	74	1.0	1	0.0	4.4
Gaize	-3.9	73	317	71	1.0	2	0.0	4.3
Aletai	1.9	250	550	210	0.8	40	0.2	2.2
Tazheng	5.9	260	630	235	0.9	27	0.1	2.4
Klamay	8.1	120	734	120	1.0	0	0.0	6.1
Yilin	5.0	320	517	265	0.8	55	0.2	1.6
Uluzei	5.0	320	638	265	0.8	55	0.2	2.0
Kshi	10.1	55	736	55	1.0	0	0.0	13.4
Akshu	8.0	75	633	75	1.0	0	0.0	8.4
Kurle	10.1	52	719	52	1.0	0	0.0	13.8
Hami	8.0	40	677	40	1.0	0	0.0	16.9
Xinxingia	5.9	76	607	76	1.0	0	0.0	2.0

Forts. Tab. I Wasserhaushalt in China

ORT	T °C	N mm/a	V _p mm/a	V mm/a	KV	A mm/a	K	I _T
Hotian	10.3	40	786	40	1.0	0	0.0	19.6
Yutian	10.1	45	752	45	1.0	0	0.0	16.7
Qiemo	10.1	25	753	25	1.0	0	0.0	30.1
Mangyan	2.5	25	484	25	1.0	0	0.0	19.4
Lienyunkang	13.0	920	779	585	0.6	335	0.4	0.8
Suchow	13.9	870	867	594	0.7	276	0.3	1.0
Chengchow	14.1	670	840	527	0.8	143	0.2	1.2
Siangfan	15.5	910	876	645	0.7	265	0.3	1.0
Nanyang	14.6	840	853	601	0.7	239	0.3	1.0
Hanchung	14.2	890	754	607	0.7	283	0.3	0.8
Kwangyuan	15.9	900	853	652	0.7	248	0.3	0.9
Wuhan	16.6	1300	929	777	0.6	523	0.4	0.7
Ichang	16.3	1200	881	746	0.6	454	0.4	0.7
Wanh sien	17.9	1190	891	797	0.7	393	0.3	0.7
Joerhkai	2.0	590	440	305	0.5	285	0.5	0.7
Chengtzu	16.3	980	874	688	0.7	293	0.3	0.9
Chungking	18.5	1150	941	805	0.7	345	0.3	0.8
Iping	18.3	1170	889	805	0.7	365	0.3	0.8
Kongting	11.8	830	562	535	0.6	295	0.4	0.7
Kantse	5.7	650	512	377	0.6	273	0.4	0.8
Sichang	18.2	900	868	705	0.8	195	0.2	1.0
Kweiyang	15.8	1240	826	736	0.6	504	0.4	0.7
Kumming	15.5	900	765	642	0.7	258	0.3	0.8
Siakwan	18.0	650	820	572	0.9	78	0.1	1.3
Shihku	12.5	850	699	556	0.7	412	0.3	0.8
Tengchung	15.5	1400	771	751	0.5	649	0.5	0.6
Kingku	20.3	1300	1048	913	0.7	387	0.3	0.8
Shanghai	15.3	1170	859	706	0.6	464	0.4	0.7
Nanking	16.0	1020	870	683	0.7	337	0.3	0.9
Pengpu	14.6	920	861	626	0.7	294	0.3	0.9
Hofei	15.6	990	874	672	0.7	318	0.3	0.9
Hangchow	16.3	1100	890	766	0.6	534	0.4	0.7
Ningpo	16.1	1330	884	763	0.6	567	0.4	0.7
Nanchang	17.0	1570	944	837	0.5	733	0.5	0.6
Changsha	17.1	1390	956	813	0.6	577	0.4	0.7
Kishow	17.0	1420	892	814	0.6	606	0.4	0.6
Foochow	18.3	1810	1014	929	0.5	881	0.5	0.6
Nanping	18.2	1630	952	899	0.6	731	0.4	0.6
Hengyang	18.0	1370	959	844	0.6	526	0.4	0.7
Kweilin	18.7	1800	993	948	0.5	852	0.5	0.6
Kanchow	19.0	1550	1003	922	0.6	628	0.4	0.6
Amoy	20.9	1450	1084	980	0.7	470	0.3	0.7
Shinkwan	20.0	1600	1081	977	0.6	623	0.4	0.7
Canton	21.8	1770	1165	1100	0.6	670	0.4	0.7
Wuchow	20.8	1540	1157	1000	0.6	540	0.4	0.8
Linchow	20.5	1370	1110	942	0.7	428	0.3	0.8
Nanning	21.3	1300	1174	949	0.7	351	0.3	0.9
Poseh	20.1	1180	1110	866	0.6	314	0.3	0.9
Chanchiang	23.2	1410	1307	1057	0.7	353	0.3	0.9
Swatow	22.0	1850	1170	1127	0.6	723	0.4	0.6
Haikon	23.0	1800	1279	1168	0.6	632	0.4	0.7
Chiai	21.5	2000	1213	1127	0.6	873	0.4	0.6
Taipei	21.8	3500	1363	1278	0.4	22222	0.6	0.3
Koahsiung	24.0	1990	1350	1267	0.6	723	0.4	0.7
Tungsha-Insel	25.1	1569	1496	1191	0.8	378	0.2	0.9
Hsisha-Insel	26.4	1392	1678	1104	0.8	288	0.2	0.8

Tab. II Bewässerungsmenge B in China

ORT	V _p mm/a	V mm/a	B mm/a	B t/ha·a	ORT	V _p mm/a	V mm/a	B mm/a	B t/ha·a	Ort	V _p mm/a	V mm/a	B mm/a	B t/ha·a
Moho	456	156	309	3090	Mintain	630	184	446	4460	Joethkai	440	305	135	1350
Aihun	510	213	287	2970	Heicheng	721	47	674	6740	Chengtu	874	688	186	1860
Hailar	485	202	283	2830	Sining	489	255	234	2340	Chungking	941	805	136	1360
Manchouli	520	192	328	3280	Kueteih	403	259	144	1440	Iping	889	805	84	840
Tsitsihar	573	289	284	2840	Dunhuo	704	50	654	6540	Kongting	562	535	27	270
Nunkiang	520	241	279	2790	Kiaukuan	592	140	452	4520	Kapiao	512	377	135	1350
Klamasse	575	302	273	2730	Kinchuan	627	100	527	5270	Sichan	868	705	163	1630
Harbin	608	316	292	2920	Duchaijen	486	40	446	4460	Kueiyang	826	736	90	900
Changchun	626	354	272	2720	Chayn	808	600	148	1480	Kunming	765	642	123	1230
Ulanhat	617	283	334	3340	Linzhi	659	495	164	1640	Siakwan	820	572	248	2480
Yenki	576	331	245	2450	Lhaza	517	325	192	1920	Shihku	699	556	143	1430
Shenyang	658	420	238	2380	Shigatae	328	226	102	1020	Tengchung	771	751	20	200
Tungliao	645	304	341	3410	Lagu	342	242	100	1000	Kingku	1048	918	130	1300
Silinhat	536	214	322	3220	Yushu	428	259	169	1690	Shanghai	859	706	153	1530
Chihfeng	636	315	321	3210	Shituanko	363	70	293	2930	Nanking	870	683	187	1870
Chinchow	689	410	279	2790	Punan	330	74	256	2560	Pengpu	861	626	235	2350
Yinkow	670	432	238	2380	Galze	317	71	246	2460	Hofei	874	672	202	2020
Tantung	640	470	170	1700	Aletai	550	210	340	3400	Hangchow	890	766	124	1240
Luta	666	463	203	2030	Tazienky	630	235	395	3950	Ningchow	884	763	121	1210
Shanhaiquan	696	439	257	2570	Kianay	734	120	614	6140	Nanchang	944	873	107	1070
Changkiakow	611	327	284	2840	Yilin	517	265	252	2520	Changsha	956	813	143	1430
Peking	757	471	286	2860	Uluazi	638	265	373	3730	Kiahow	892	814	78	780
Tientsin	780	462	318	3180	Kahi	736	55	681	6810	Poochow	1014	929	85	850
Shikichwang	779	456	323	3230	Akahu	633	75	558	5580	Nanping	952	899	53	530
Taiyuan	611	346	265	2650	Kurle	719	52	667	6670	Hengyang	959	844	115	1150
Tatung	606	346	260	2600	Xinxinxia	607	76	531	5310	Kwellin	993	948	45	450
Erhlinhat	583	155	428	4280	Sache	738	50	688	6880	Kanchow	1003	922	81	810
Huhehat	550	294	256	2560	Hotian	786	40	746	7460	Amoy	1084	980	104	1040
Paotow	609	296	313	3130	Yutiah	752	45	707	7070	Shinkwan	1081	977	104	1040
Litang	787	444	343	3430	Qiemo	753	25	728	7280	Canton	1165	1100	65	650
Tsingtao	745	495	250	2500	Mangyan	484	25	459	4590	Wuchow	1157	1000	157	1570
Tsinan	789	503	286	2860	Lienyunkang	779	585	194	1940	Liauchow	1110	942	168	1680
Linfen	697	430	267	2670	Suchow	867	594	273	2730	Nanning	1174	949	225	2250
Yinchuan	642	250	392	3920	Chengchow	840	527	313	3130	Posah	1110	866	244	2440
Tengchow	652	140	512	5120	Siangfian	876	645	231	2310	Chanchiang	1307	1057	250	2500
Yulin	641	333	308	3080	Nanyang	853	601	252	2520	Wenchow	966	903	63	630
Yünan	657	422	235	2350	Hanchung	754	607	147	1470	Swatow	1170	1127	43	430
Sian	746	465	281	2810	Kwangyuan	853	652	201	2010	Haikou	1279	1168	111	1110
					Wuhan	929	777	152	1520	Taipei	1363	1278	85	850
					Ichang	881	746	135	1350	Koohiang	1350	1267	83	830
					Hankien	891	797	94	940	Tungsha-Insel	1496	1191	305	3050
										Haisha-Insel	1678	1104	574	5740
										Poeki	720	510	210	2100

Tab. III Beziehung zwischen der Lufttemperatur T und der potentiellen Pflanzenproduktion TSP_T

T	TSP_T	T	TSP_T
°C	$g/m^2 \cdot a$	°C	$g/m^2 \cdot a$
-10	227	11	1496
-9	253	12	1585
-8	282	13	1673
-7	314	14	1761
-6	349	15	1846
-5	387	16	1929
-4	429	17	2010
-3	475	18	2087
-2	524	19	2161
-1	577	20	2231
0	635	21	2297
1	697	22	2359
2	762	23	2417
3	832	24	2471
4	905	25	2521
5	982	26	2567
6	1062	...	
7	1145		
8	1231		
9	1318		
10	1406		

Tab. IV Beziehung zwischen dem Niederschlag N
und der potentiellen Pflanzenproduktion

TSP_N

N mm/a	TSP_N $g/m^2 \cdot a$	N mm/a	TSP_N $g/m^2 \cdot a$	N mm/a	TSP_N $g/m^2 \cdot a$
25	49	1025	1481	2025	2218
50	98	1050	1507	2050	2231
75	146	1075	1531	2075	2244
100	193	1100	1555	2100	2256
125	239	1125	1579	2125	2268
150	284	1150	1602	2150	2280
175	329	1175	1625	2175	2292
200	373	1200	1648	2200	2304
225	416	1225	1670	2225	2315
250	459	1250	1692	2250	2327
275	501	1275	1713	2275	2338
300	542	1300	1735	2300	2349
325	582	1325	1755	2325	2359
350	622	1350	1776	2350	2370
375	661	1375	1796	2375	2380
400	700	1400	1816	2400	2390
425	738	1425	1835	2425	2401
450	775	1450	1855	2450	2410
475	812	1475	1873	2475	2420
500	848	1500	1892	2500	2430
525	883	1525	1910	2525	2439
550	918	1550	1928	2550	2448
575	952	1575	1946	2575	2457
600	986	1600	1963	2600	2466
625	1019	1625	1980	2625	2475
650	1052	1650	1997	2650	2484
675	1084	1675	2014	2675	2492
700	1115	1700	2030	2700	2501
725	1146	1725	2046	2725	2509
750	1177	1750	2061	2750	2517
775	1207	1775	2077	2775	2525
800	1236	1800	2092	2800	2533
825	1265	1825	2107	2825	2540
850	1294	1850	2122	2850	2548
875	1322	1875	2136	2875	2555
900	1350	1900	2150	2900	2563
925	1377	1925	2164	2925	2570
950	1404	1950	2178	2950	2577
975	1430	1975	2192	2975	2584
1000	1456	2000	2205	3000	2591

Tab. V Beziehung zwischen der wirklichen Verdunstung V und der potentiellen Pflanzenproduktion TSP_V

V mm/a	TSP_V $g/m^2 \cdot a$	V mm/a	TSP_V $g/m^2 \cdot a$	V mm/a	TSP_V $g/m^2 \cdot a$	V mm/a	TSP_V $g/m^2 \cdot a$
20	0.0	800	1591.7	1700	2411.5	2600	2754.1
30	28.9	825	1625.4	1725	2425.6	2625	2760.0
40	57.6	850	1658.3	1750	2439.3	2650	2765.7
50	86.0	875	1690.4	1775	2452.8	2675	2771.3
60	114.1	900	1721.8	1800	2465.9	2700	2776.8
70	142.0	925	1752.4	1825	2478.7	2725	2782.1
80	169.5	950	1782.3	1850	2491.1	2750	2787.4
90	196.8	975	1811.4	1875	2503.3	2775	2792.4
100	223.9	1000	1839.9	1900	2515.2	2800	2797.4
125	290.4	1025	1867.7	1925	2526.8	2825	2802.3
150	355.2	1050	1894.8	1950	2538.2	2850	2807.0
175	418.6	1075	1921.3	1975	2549.2	2875	2811.6
200	480.4	1100	1947.1	2000	2560.0	2900	2816.1
225	540.7	1125	1092.3	2025	2570.5	2925	2850.5
250	599.6	1150	1996.9	2050	2580.8	2950	2824.8
275	657.1	1175	2020.9	2075	2590.9	2975	2829.0
300	713.2	1200	2044.4	2100	2600.7	3000	2833.1
325	768.0	1225	2067.3	2125	2610.2	3025	2837.1
350	821.4	1250	2089.6	2150	2619.6	3050	2841.0
375	873.6	1275	2111.4	2175	2628.7	3075	2844.8
400	924.5	1300	2132.7	2200	2637.6	3100	2848.5
425	974.2	1325	2153.4	2225	2646.2	3125	2852.2
450	1022.7	1350	2173.7	2250	2654.7	3150	2855.7
475	1070.1	1375	2193.5	2275	2663.0	3175	2859.2
500	1116.3	1400	2212.8	2300	2671.0	3200	2862.5
525	1161.4	1425	2231.7	2325	2678.9	3225	2865.8
550	1205.4	1450	2250.1	2350	2686.6	3250	2869.0
575	1248.4	1475	2268.0	2375	2694.1	3275	2872.2
600	1290.3	1500	2285.6	2400	2701.4	3300	2875.2
625	1331.3	1525	2302.7	2425	2708.6	3325	2878.2
650	1371.2	1550	2319.4	2450	2715.6	3350	2881.1
675	1410.2	1575	2335.7	2475	2722.4	3375	2884.0
700	1448.3	1600	2351.6	2500	2729.0	3400	2886.8
725	1485.5	1625	2367.1	2525	2735.5	3425	2889.5
750	1521.7	1650	2382.3	2550	2741.9	3450	2892.1
775	1557.1	1675	2397.0	2575	2748.0	3475	2894.7

Tab. VI Beziehung zwischen der Lufttemperatur T sowie dem Niederschlag N und der potentiellen Pflanzenproduktion TSP_T

T °C	TSP_T $g/m^2 \cdot a$	N mm/a	T °C	TSP_T $g/m^2 \cdot a$	N mm/a
-10	227	118	8	1231	795
-9	253	133	9	1318	871
-8	282	149	10	1406	953
-7	314	167	11	1496	1039
-6	349	186	12	1585	1131
-5	387	208	13	1673	1229
-4	429	232	14	1761	1331
-3	475	259	15	1846	1439
-2	523	289	16	1929	1552
-1	577	322	17	2010	1669
0	635	358	18	2087	1792
1	697	398	19	2161	1919
2	762	441	20	2231	2050
3	832	489	21	2297	2185
4	905	541	22	2359	2324
5	982	547	23	2417	2367
6	1062	658	24	2471	2613
7	1145	724	25	2521	2762

Tab. VII Beziehung zwischen dem Niederschlag N sowie
der Lufttemperatur T und der potentiellen
Pflanzenproduktion TSP_N

N mm	TSP_N g/m ² ·a	T °C	N mm	TSP_N g/m ² ·a	T °C	N mm	TSP_N g/m ² ·a	T °C
25	49	-23	1025	1481	11	2025	2218	20
50	98	-17	1050	1507	11	2050	2231	20
75	146	-14	1075	1531	11	2075	2244	20
100	193	-11	1100	1555	12	2100	2256	20
125	239	-10	1125	1579	12	2125	2268	20
150	284	-8	1150	1602	12	2150	2280	21
175	329	-7	1175	1625	13	2175	2292	21
200	373	-5	1200	1648	13	2200	2304	21
225	416	-4	1225	1670	13	2225	2315	21
250	459	-3	1250	1692	13	2250	2327	21
275	501	-2	1275	1713	14	2275	2338	22
300	542	-2	1300	1735	14	2300	2349	22
325	582	-1	1325	1755	14	2325	2359	22
350	622	0	1350	1776	14	2350	2370	22
375	661	0	1375	1796	14	2375	2380	22
400	700	1	1400	1816	15	2400	2390	23
425	738	2	1425	1835	15	2425	2401	23
450	775	2	1450	1855	15	2450	2410	23
475	812	3	1475	1873	15	2475	2420	23
500	848	3	1500	1892	16	2500	2430	23
525	883	4	1525	1910	16	2525	2439	23
550	918	4	1550	1928	16	2550	2448	24
575	952	5	1575	1946	16	2575	2457	24
600	986	5	1600	1963	16	2600	2466	24
625	1019	5	1625	1980	17	2625	2475	24
650	1052	6	1650	1997	17	2650	2484	24
675	1084	6	1675	2014	17	2675	2492	24
700	1115	7	1700	2030	17	2700	2501	25
725	1146	7	1725	2046	17	2725	2509	25
750	1171	7	1750	2061	18	2750	2517	25
775	1207	8	1775	2077	18	2775	2525	25
800	1236	8	1800	2092	18	2800	2533	25
825	1265	8	1825	2107	18	2825	2540	25
850	1294	9	1850	2122	18	2850	2548	26
875	1322	9	1875	2136	19	2875	2555	26
900	1350	9	1900	2150	19	2900	2563	26
925	1377	10	1925	2164	19	2925	2570	26
950	1404	10	1950	2178	19	2950	2577	26
975	1430	10	1975	2192	19	2975	2584	26
1000	1456	11	2000	2205	20	3000	2591	27

Tab. VIII Potentielle Pflanzenproduktion an Trockensubstanz
in China

TSP in g/m ² ·a berechnet						TSP in g/m ² ·a berechnet					
ORT	mit T	mit H	mit T+H	mit V	mit V _p	ORT	mit T	mit H	mit T+H	mit V	mit V _p
Moho	386	684	386	370	1051	Lanchow	1230	789	789	834	1340
Aihun	493	833	493	511	1037	Mintsin	1111	355	355	441	1339
Hailar	508	622	508	486	1088	Heicheng	1187	92	92	77	1479
Manchouli	629	441	441	460	1152	Sining	920	558	558	611	1096
Tsitsihar	769	818	769	724	1244	Kueitsh	629	847	629	620	930
Nunkiang	577	818	577	578	1152	Dunhuang	1317	97	97	85	1454
Klamuzze	762	945	762	717	1248	Xiyukwang	1046	266	266	329	1277
Harbing	846	903	846	748	1203	Kiukuan	1103	192	192	223	1334
Changchun	982	972	972	829	1332	Dachaidan	775	78	78	57	1090
Ulanhat	927	653	653	675	1318	Cheyu	1629	2029	1629	1386	1602
Yerki	905	917	905	780	1250	Linzhi	1566	1102	1102	1107	1385
Shenyang	1179	1140	1140	964	1383	Lheaa	897	889	889	767	1147
Tungliao	1046	684	684	722	1363	Shigetae	831	492	492	543	774
Silinhat	696	492	492	514	1180	Laqu	577	833	577	560	804
Chihfeng	1103	699	699	746	1148	Yushu	629	847	629	620	980
Chinchow	1317	945	945	944	1431	Shiguenho	640	136	136	141	848
Yinkow	1239	1127	1127	987	1402	Punan	498	145	145	153	778
Tantung	1222	1486	1222	1060	1355	Gaize	433	141	141	144	750
Luta	1344	1176	1176	1047	1396	Aletai	755	458	458	504	1025
Shanhaikwan	1317	1077	1077	1001	1442	Tszheng	1054	475	475	564	1339
Changkjakow	1070	760	760	772	1308	Klamay	1239	229	229	277	1498
Peking	1424	1127	1127	1062	1531	Yillin	982	574	574	634	1352
Tientsin	1593	972	972	1045	1564	Kahi	1415	107	107	100	1501
Shiklachwang	1611	945	945	1034	1562	Akshu	1230	145	145	155	1344
Taiyuan	1103	818	818	812	1308	Kurle	1415	101	101	91	1476
Tatoug	1078	833	833	812	1300	Hami	1230	78	78	57	1413
Linfen	1397	972	972	983	1092	Xinxinxia	1054	147	147	158	1301
Erhlinhat	905	302	302	368	1261	Seche	1415	97	97	85	1504
Hinghat	905	714	714	699	1205	Hatian	1433	78	78	57	1572
Puokow	943	699	699	704	1305	Yutian	1415	88	88	71	1524
Litsing	1593	917	917	1011	1573	Qiemo	1415	49	49	14	1526
Tsingtao	1566	1102	1102	1107	1514	Mangyan	796	49	49	14	1086
Tsinan	1575	1127	1127	1121	1576	Lienyunkang	1673	1371	1371	1265	1562
Yinchuan	1239	492	492	599	1858	Suchow	1751	1316	1316	1380	1680
Tengkow	1086	266	266	329	1374	Chengchow	1769	1077	1077	1164	1622
Yulin	1187	730	730	785	1356	Siangfan	1888	1360	1360	1463	1691
Yunan	1317	999	999	968	1382	Nanyang	1812	1282	1282	1291	1662
Sian	1611	972	972	1051	1515	Hanchung	1777	1338	1338	1301	1572
Paok1	1593	1140	1140	1134	1478	Kwangyuan	1921	1349	1349	1374	1662
Tientsin	1413	1115	1115	945	1364	Yokohama	1413	1115	1115	945	1364

Forts. Tab. VIII Potentielle Pflanzenproduktion
an Trockensubstanz in China

TSP in $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ berechnet

ORT	mit T	mit N	mit T+N	mit V	mit V_p
Ichang	1953	1647	1647	1515	1698
Wanhsien	2079	1638	1638	1587	1710
Joerhkai	762	972	762	742	1003
Chengtzu	1953	1434	1434	1430	1689
Chungking	2124	1602	1602	1598	1771
Iping	2109	1620	1620	1598	1708
Kangting	1566	1271	1271	1179	1231
Kantse	1037	1051	1037	877	1138
Sichang	2102	1349	1349	1455	1681
Kweiyang	1912	1683	1683	1501	1626
Kunming	1888	1349	1349	1358	1543
Siakwan	2087	1051	1051	1243	1618
Shihku	1629	1293	1293	1215	1446
Tengchung	1888	1815	1815	1523	1551
Kingku	2251	1734	1734	1737	1892
Shanghai	1871	1620	1620	1457	1669
Nanking	1904	1476	1476	1422	1684
Pengpu	1812	1371	1371	1332	1672
Hofei	1896	1445	1445	1405	1689
Hangchow	1953	1734	1734	1544	1709
Mingpo	1937	1759	1759	1540	1701
Nanchang	2009	1942	1942	1641	1775
Changsha	2017	1807	1807	1609	1789
Kishow	2009	1831	1831	1610	1711
Poochow	2109	2098	2098	1757	1855
Nanping	2102	1983	1983	1720	1784
Hengyang	2087	1792	1792	1650	1792
Kweilin	2139	2092	2092	1779	1832
Kanchow	2160	1928	1928	1748	1843
Amy	2290	1854	1854	1817	1930
Shinkwan	2230	1963	1963	1813	1908
Cantos	2346	2073	2073	1949	2011
Wuchow	2284	1920	1920	1893	2003
Linchow	2264	1792	1792	1772	1957
Nanning	2316	1734	1734	1781	2019
Poseh	2237	1629	1629	1678	1957
Chanchiang	2428	1823	1823	1902	2138
Wenchow	2071	2092	2071	1725	1801
Swaton	2359	2121	2121	1974	2016
Baikou	2416	2092	2092	2014	2107
Chiai	2328	2204	2204	1974	2056
Taipei	2346	2706	2346	2113	-
Kaohsiung	2470	2199	2199	2104	2173
Tungsha-Insel	2520	1946	1946	2036	2536
Hsisha-Insel	2567	1851	1815	1951	2400

- mit T: Potentielle Pflanzenproduktion an Trockensubstanz
mit Hilfe der Temperatur berechnet
- mit N: Potentielle Pflanzenproduktion an Trockensubstanz
mit Hilfe der Niederschlagsmenge berechnet
- mit T+N: Potentielle Pflanzenproduktion an Trockensubstanz
mit Hilfe der Temperatur und der Niederschlagsmenge
berechnet
- mit V: Potentielle Pflanzenproduktion an Trockensubstanz
mit Hilfe der wirklichen Verdunstung berechnet
- mit V_p : Potentielle Pflanzenproduktion an Trockensubstanz
mit Hilfe der potentiellen Verdunstung berechnet

Tab. IX Produktivität (in kg/ha·a) des Getreides in China; TSP_V : berechnet nach Thornthwaite-Memorial-Modell, TSP: tatsächliche Produktivität (aus: LANDWIRTSCHAFTSMINISTERIUM CHINA, (1985))

Gebiete	TSP_V	TSP	Gebiete	TSP_V	TSP
Helongian	3000	3588	Sichuan	7200	8325
Jilin	4000	4665	Kweichow	7500	8175
Liaoling	4500	4703	Yünan	6800	7293
Hebei	4800	4218	Beijing	5310	6232
Shandong	5600	5816	Tienjing	5230	4050
Jianshu	7000	8682	Shanxi	3900	3926
Zhejiang	8600	10440	Neimongu	2000	2373
Fujian	9000	12640	Linxia	3000	3397
Gandong	9700	12210	Zhanxi	3500	3825
Ganxi	9000	9855	Gansu	1800	1912
Helang	6000	6435	Qinhai	2000	2482
Hubei	7800	8550	Xinjing	1700	2498
Anhui	7000	7110	Shanghai	7290	7785
Hunan	8200	9690	Xizhan	2200	2580
Jianxi	8200	8340	(Tibet)		

LEBENS LAUF

Am 9.3.1937 wurde ich, He Qingtang, in Minja in der Provinz Hubei in der V.R. China geboren.

Vom September 1943 bis zum Juli 1949 besuchte ich die Grundschule; vom September 1949 bis zum Juli 1955 war ich in der Mittelschule. Von September 1956 bis zum Juli 1960 habe ich an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der 'Beijing Forestry University' studiert.

Daran anschließend arbeitete ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Forstmeteorologie der 'Beijing Forestry University'. Im Mai 1978 erhielt ich den Titel 'Dozent'.

Vom Oktober 1981 bis zum Oktober 1983 war ich als DAAD-Stipendiat am Lehrstuhl für Bioklimatologie und Angewandte Meteorologie der Universität München (Leitung Prof. Dr. A. Baumgartner), wo ich mich auf den Gebieten Forstmeteorologie und Forsthydrologie weiterbilden konnte. In dieser Zeit entstand auch diese Dissertation.

Seit November 1983 arbeite ich wieder am Lehrstuhl für Forstmeteorologie der 'Beijing Forestry University'. Dort hatte ich das Amt des Dekans der Forstwissenschaftlichen Fakultät inne, wurde zum a.o. Professor ernannt und bin jetzt Stellvertreter des Präsidenten der 'Beijing Forestry University'.

Ich bin Mitglied im Meteorologischen Verein der V.R. China und stellvertretender Vorsitzender des Forstmeteorologischen Vereins der V.R. China.

He Qingtang

E R K L Ä R U N G

Hiermit erkläre ich, daß sämtliche Quellen sowie Anregungen, die ich als Doktorand verwendet habe, als solche in meiner Dissertation gekennzeichnet sind.

München, im April 1986

He Qingtang

